Е. Г. ЕФИМОВ

МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ



ЭНЕРГИЯ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 639

Е. Г. ЕФИМОВ

МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ



„ЭНЕРГИЯ"

МОСКВА 1967

ОГЛАВЛЕНИЕ

6Ф2.7
Е 91

УДК 681.84.083.82

Ефимов Е. Г.

Е 91 Магнитные головки. М., «Энергия», 1967

80 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 639).

40 000 экз. 21 к.

Приводится описание ряда распространенных конструкций головок и технология их изготовления. Излагается методика испытаний и прилагаются справочные таблицы с основными параметрами головок. Брошюра рассчитана на подготовленных радиолюбителей и специалистов, занимающихся магнитной звукозаписью.

3-4-5
324-67

6Ф2.7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Качественные показатели любого магнитофона, как и всякого аппарата магнитной записи, определяются свойствами двух основных элементов, примененных в нем, — носителя магнитной записи и магнитных головок. Последнее пятилетие знаменательно интенсивной работой по совершенствованию как носителей, так и головок. Благодаря этому удалось осуществить видеозапись при скорости ленты 3 *м/сек*, а звукозапись при скорости 2,4 *см/сек*. Очевидно, что такие устройства хорошо работают в том случае, если и остальные элементы аппаратуры выполнены оптимально, однако магнитные головки в этом смысле имеют первостепенное и решающее значение.

Цель этой брошюры заключается в том, чтобы в популярной форме познакомить читателя с вопросами конструирования, изготовления и испытания магнитных головок.

В брошюре рассматриваются главным образом только те головки, которые рассчитаны на использование совместно с магнитной лентой. Однако многие приводимые данные относятся и к головкам для других носителей магнитной записи.

В гл. 1 брошюры приводятся основные сведения о магнитных головках и их основных параметрах. В гл. 2 рассказывается о конструкциях головок. В этой же главе рассматриваются свойства головок — разрешающая способность, потребление энергии, механическая надежность, ресурс работы и др.

В гл. 3 приводится описание конструкции блока универсальных магнитных головок для двухдорожечной моно-стереозаписи и воспроизведения. Описываемый блок с равным успехом может применяться как в профессиональных, так и в массовых магнитофонах. Особенностью блока являются небольшие размеры и отсутствие нерегулярности (волнистости) частотной характеристики воспроизведения в области больших длин волн записи. В этой же главе дается описание головки, рабочий зазор которой образуется с помощью комбинированной прокладки.

Гл. 4 посвящена изготовлению, испытанию и установке головок.

Описание специальных головок входит в гл. 5, которая написана В. И. Пархоменко.

В приложении даются справочные таблицы с конструктивными, электрическими и эксплуатационными данными некоторых головок профессионального и массового применения.

Е. Ефимов

Глава первая

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Принцип действия и устройство головок

Процессы записи, воспроизведения и стирания осуществляются с помощью электромагнитных устройств, именуемых в технике магнитной записи магнитными головками.

Магнитные головки при записи преобразуют электрические сигналы в соответствующие колебания магнитного поля, намагничивающего магнитную ленту. При воспроизведении головки выполняют обратный процесс преобразования магнитного потока ленты в колебания электрического тока. Запись может быть удалена с ленты также с помощью головок, которые создают спадающие переменные или постоянные магнитные поля.

В профессиональной аппаратуре обычно применяют три головки, каждая из которых в соответствии с выполняемой функцией называется головкой записи, воспроизведения и стирания.

Схематическое изображение устройства наиболее распространенных тороидальных головок показано на рис. 1. Магнитопровод головки образован двумя симметричными полукольцами с обмотками, между которыми расположены два зазора: рабочий и дополнительный. Для повышения эффективности работы головки поперечное сечение сердечника со стороны рабочего зазора уменьшено. Наличие дополнительного зазора увеличивает внутреннее сопротивление магнитопровода, поэтому этот зазор делается только в записывающих головках для предохранения сердечника от намагничивания.

В основу магнитной записи положено свойство магнитной ленты иметь так называемую «магнитную память», т. е. способность в магнитном поле намагничиваться, а выходя из него, сохранять остаточное намагничивание. Схематически это показано на рис. 1. Магнитные силовые линии выходят из одного полюса сердечника головки, проходят через рабочий слой ленты, намагничивают его и входят во второй полюс. Магнитная индукция в ленте после удаления от зазора уменьшается до значения остаточной индукции B_r.

В процессе воспроизведения внешний магнитный поток ленты замыкается через сердечник воспроизводящей головки, имеющий малое магнитное сопротивление по сравнению с воздухом, и, пронизывая обмотку головки, индуцирует в ней э. д. с. Эта э. д. с. изменяется пропорционально скорости изменения магнитного потока в ленте около рабочего зазора. Таким образом, при воспроизведении головка преобразует энергию движения магнитной фонограммы

в электрическую энергию. При уменьшении длины волны записи до величины, соизмеримой с шириной рабочего зазора и равной ширине так называемого «эффективного» $\Delta_э$* рабочего зазора, э. д. с. снижается до нуля. В этом случае основная часть магнитного потока ленты замыкается в рабочем зазоре, не попадая в сердечник головки.

Процесс стирания осуществляется путем размагничивания магнитной ленты или намагничивания ее до состояния, близкого к на-

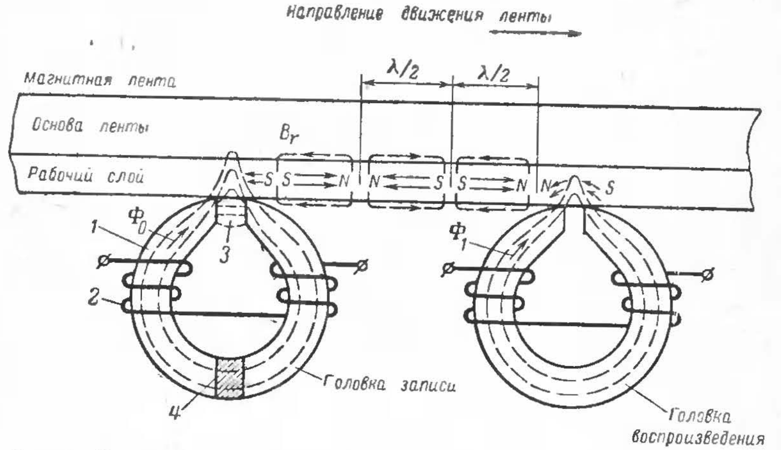


Рис. 1. Схематическое изображение устройства тороидальных головок.

1 — сердечник; *2* — обмотка; *3* — рабочий зазор и поле записи, действующее на магнитную ленту; *4* — дополнительный зазор.

сыщению. В первом случае лента, проходя через переменное магнитное поле над рабочим зазором головки, вначале намагничивается почти до насыщения, а потом размагничивается. Во втором случае лента только намагничивается в поле головки.

Схема, изображенная на рис. 1, иллюстрирует продольный способ намагничивания ленты; поскольку в магнитофонах он является наиболее распространенным, то в дальнейшем мы будем иметь в виду главным образом этот способ записи.

Помимо головок, предназначенных для выполнения только одной операции (запись, воспроизведение, стирание), применяются универсальные и комбинированные головки. Универсальные головки осуществляют по выбору или поочередно несколько функций, например запись и воспроизведение или запись и стирание. Комбинированные головки могут одновременно выполнять функции двух головок, одна из которых может быть, например, универсальной.

В большинстве массовых магнитофонов с целью упрощения конструкции и снижения стоимости устанавливаются только две

---

* Значение $\Delta_э$ на 10—20% превышает геометрическую ширину рабочего зазора ($S_р$).

головки, из которых первая — универсальная для записи и воспроизведения, а вторая — стирающая.

По количеству одновременно записываемых, воспроизводимых или стираемых дорожек различают однодорожечные головки и многодорожечные блоки головок. Многодорожечные блоки головок используются для записи нескольких взаимосвязанных во времени потоков информации по способу многодорожечной записи, а также для ее воспроизведения и стирания. Блоки содержат соответствующее количество одиночных головок, конструктивно объединенных в общем корпусе. Многодорожечные блоки головок могут быть специализированного назначения, универсальные и комбинированные. Блоки головок применяются в стереофонических магнитофонах, вычислительных машинах, и в аппаратуре для записи различных процессов с целью анализа.

Магнитные головки имеют условное графическое обозначение, используемое при составлении принципиальных электрических схем. В старой технической литературе применялось обозначение, которое воспроизводило магнитопровод, рабочий зазор и обмотку. Назначение головки обозначалось надписями или буквами *З*, *В*, *С*, *У* и *К*. В настоящее время в соответствии с ГОСТ 7624-62 принято другое изображение головок, при котором показывается только символическое изображение магнитопровода. Назначение головки указывается значком внутри магнитопровода.

Условные графические обозначения головок, рекомендуемые ГОСТ 7624-62, показаны на стр. 78.

Основные параметры головок и блоков головок

Для удобства рассмотрения основных параметров головок их магнитные цепи представлены на рис. 2 в виде упрощенных эквивалентных схем. В этих схемах приняты следующие обозначения:

$Ф_л$ — магнитный поток ленты, входящий в головку, или магнитный поток, входящий в ленту из головки;

$Ф_1$ — полезный магнитный поток в сердечнике воспроизводящей головки;

$Ф_2$ — магнитный поток через рабочий зазор;

$Ф_0$ — магнитный поток в сердечнике записывающей головки;

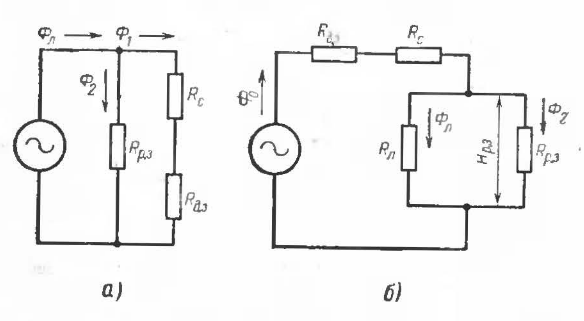


Рис. 2. Эквивалентные схемы магнитных цепей головок.

а — головка воспроизведения; *б* — головка записи.

$R_{р.з}$ — магнитное сопротивление рабочего зазора;
$R_{д.з}$ — магнитное сопротивление дополнительного зазора;
$R_с$ — магнитное сопротивление сердечника.

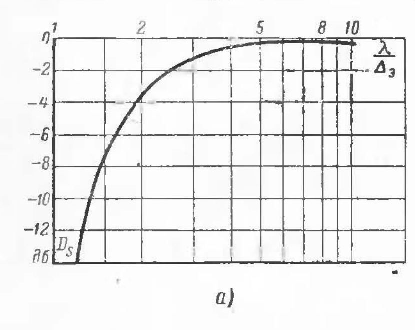
Геометрическая ширина рабочего зазора $S_р$ — это промежуток между торцами сердечника, заполненный диамагнитным материалом, благодаря которому осуществляется магнитное взаимодействие головки с магнитной лентой. Для головки воспроизведения этот параметр является главным, поскольку он определяет вносимые рабочим зазором частотные искажения, зависящие от длины волны и определяемые по формуле

$$D_s = 20\lg \frac{\sin \pi \frac{\Delta_э}{\lambda}}{\pi \frac{\Delta_э}{\lambda}},$$

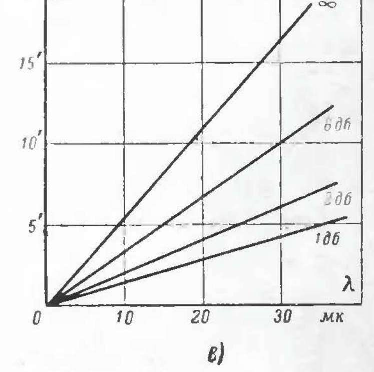
где $\Delta_э$ — эффективная ширина рабочего зазора;
λ — длина волны записи.

На рис. 3,*а* показан график зависимости частотных искажений от отношения $\lambda/\Delta_э$.

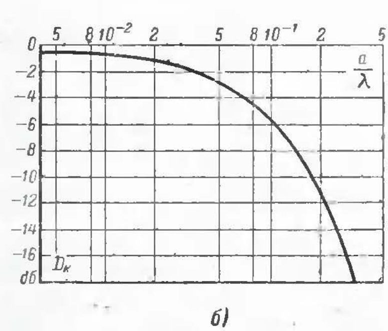
Частотные потери в магнитопроводе головок возникают из-за увеличения магнитного сопротивления материала сердечника с увеличением частоты и из-за потерь на вихревые токи в металлических прикладках зазоров. Эти потери с достаточной для практики точностью определяют путем пропускания по обмотке головки тока с постоянной амплитудой, частота которого изменяется в рабочем диапазоне частот, и определения сопротивления (Z) головки. По отклонению графика $Z=f(\omega)$ от прямой линии ($Z=\omega L$) вычисляют величину частотных потерь в децибелах. Результаты измерений верны при условии, что резонансная частота испытуемой головки значительно выше частот измерения.



а)



в)



б)

Рис. 3. Потери в головке воспроизведения.
а — потери, вносимые рабочим зазором; *б* — потери, вносимые зазором между лентой и головкой; *в* — потери, возникающие при непараллельности рабочих зазоров головок записи и воспроизведения.

Частотная характеристика определяется упомянутыми частотными искажениями D_s и частотными потерями. Суммарное значение этих искажений позволяет выбрать нужный ход частотной характеристики усилителя воспроизведения. Иногда необходимо учитывать уменьшение полезного магнитного потока в головке при воспроизведении записи с малой длиной волны из-за образования некоторого зазора a между рабочими поверхностями ленты и головки, особенно когда «шероховатость» этих поверхностей значительна. Это — так называемые контактные потери. График их приведен на рис. 3,*б*.

Известно также, что вследствие перекоса рабочих зазоров воспроизводящей и записывающей головок возникают дополнительные частотные искажения, которые можно рассчитать по формуле

$$U = U_0 \frac{\sin \frac{\pi h \operatorname{tg} \alpha}{\lambda}}{\frac{\pi h \operatorname{tg} \alpha}{\lambda}},$$

где α — угол перекоса;
U — э. д. с. головки воспроизведения при угле перекоса α;
U_0 — э. д. с. головки воспроизведения при абсолютной параллельности рабочих зазоров воспроизводящей и записывающей головок;
h — длина рабочего зазора головки воспроизведения

Величины искажений, вычисленные по этой формуле для различных значений затухания, приведены в виде графика на рис. 3,*в*.

Коэффициент шунтирования A характеризует использование в воспроизводящей головке магнитного потока, выходящего из намагниченной ленты,

$$A = \frac{\Phi_1}{\Phi_л} = \frac{R_{р.з}}{R_{р.з} + R_с + R_{д.з}}.$$

Отдача E — это э. д. с., индуцируемая в обмотке головки при воспроизведении записи с определенной намагниченностью и частотой. Величина отдачи вычисляется по закону электромагнитной индукции:

$$E = \omega W \Phi_л A \cdot 10^{-8},\ в,$$

где W — количество витков в обмотке головки.

При длинах волн записи значительно больших, чем $\Delta_э$, отдача в основном определяется значением коэффициента A; с уменьшением длины волны записи отдача, кроме того, зависит от частотной характеристики.

Чувствительность $K_в$ — это отношение отдачи E воспроизводящей головки к магнитному потоку измерительной ленты $\Phi_л$:

$$K_в = \frac{E}{\Phi_л}.$$

Эффективность Q — это параметр, который позволяет сравнивать воспроизводящие головки, имеющие разные конструкции, но одинаковые длины рабочих зазоров. При согласовании головки с внешней нагрузкой получаемое отношение сигнал/шум пропорционально эффективности головки:

$$Q=\frac{E^2}{L},$$

где L — индуктивность головки.

Между Q и A существует зависимость:

$$Q=KR_{\text{р.з}}A.$$

Из этой формулы следует, что для увеличения E (при неизменном числе витков) нужно увеличивать $R_{\text{р.з}}$ и уменьшать $R_{\text{с}}$ и $R_{\text{д.з}}$.

Основными параметрами головок записи и стирания являются величина магнитного поля в рабочем зазоре и размеры зазора, поскольку форма и напряженность поля над рабочим зазором связаны с этими параметрами определенной зависимостью. Дополнительный зазор в головке записи в основном предназначен для предупреждения случайного намагничивания сердечника. Для этого достаточно, чтобы ширина дополнительного зазора была равна 50—100 *мк*.

Ампер-витки aW_0 создают в магнитопроводе записывающей головки магнитный поток Φ_0, часть которого проходит через рабочий слой ленты.

Чувствительность по току $K_{\text{з}}$ — это отношение остаточного магнитного потока $\Phi_{\text{л}}$ к току в головке записи:

$$K_{\text{з}}=\frac{\Phi_{\text{л}}}{I_{\text{з}}}.$$

Чувствительность по полю $K'_{\text{з}}$ — это отношение остаточного магнитного потока к напряженности поля записи в рабочем зазоре ($H_{\text{р.з}}$):

$$K'_{\text{з}}=\frac{\Phi_{\text{л}}}{H_{\text{р.з}}}.$$

Параллельное сопротивление потерь $R_{\text{экв}}$ характеризует частотные потери в головке на рабочей частоте. Значение $R_{\text{экв}}$ численно равно резонансному сопротивлению контура, образованного индуктивностью головки и параллельно включенным конденсатором.

Мощности записи $P_{\text{з}}$ **подмагничивания** $P_{\text{п}}$ **и стирания** $P_{\text{с}}$ **вычисляются по формуле**

$$P=\frac{U^2}{R_{\text{экв}}},$$

где U — рабочее напряжение на головке;
$R_{\text{экв}}$ — параллельное сопротивление потерь в рабочем режиме на данной частоте.

Относительный уровень стирания $D_{\text{с}}$ — это отношение уровня записи фонограммы после стирания к уровню записи той же фонограммы до стирания. Относительный уровень стирания, который обеспечивается головкой при определенной ленте, выражается в децибелах.

Кроме перечисленных, к измеряемым параметрам головок относятся индуктивность, омическое сопротивление, полное электрическое сопротивление, собственная резонансная частота, сопротивление изоляции обмотки, электрическая прочность изоляции обмотки, действующая длина рабочего зазора и линейность рабочего зазора.

Для многодорожечных блоков головок, помимо параметров головок, входящих в блок, добавляются еще параметры, характеризующие блок головок в целом.

К ним относятся переходное затухание между отдельными головками, зависящее от конструкции блока головок и от расстояния между отдельными головками, и сдвиг рабочих зазоров головок блока, т. е. поперечное смещение рабочих зазоров относительно плоскости линии, проходящей через середину рабочего зазора одной из головок.

Материалы, применяемые в сердечниках головок

Для изготовления головок применяются разнообразные материалы, которые по своим свойствам можно разделить на несколько групп. Наиболее важная из них, имеющая огромное влияние на качество головок, это группа магнитных материалов сердечника. Существенное значение имеют также и другие материалы, к которым относятся материал прокладок в зазорах, конструкционные и изоляционные материалы, обмоточные и монтажные провода и заливочные компаунды.

Магнитные материалы подразделяются на магнитно-твердые и магнитно-мягкие. Магнитно-твердые материалы характеризуются большой коэрцитивной силой и соответственно широкой петлей гистерезиса. Эти материалы в основном применяются для изготовления постоянных магнитов в головках стирания. Данные некоторых магнитно-твердых материалов, отличающихся высокой стабильностью свойств, приведены в табл. 1.

В головках стирания могут применяться также металлокерамические и металлопластические магниты, получаемые путем спека-

Таблица 1

Наименование материала	Содержание элементов, % (остальное железо)				Магнитные свойства	
	Никель	Алюминий	Кобальт	Кремний	Остаточная индукция, *тл*	Коэрцитивная сила, *а/м*
Альни . . .	20—33	11—17	—	—	0,5—0,7	20 000—40 000
Альниси . .	20—33	11—17	—	1	0,4	60 000
Альнико . .	20—33	11—17	5—10	—	0,68—1,23	40 000—52 000
Магнико . .	10—15	8—10	20—25	—	1,23	40 000

Таблица 2

Марка сплава	Химический состав, % (остальное железо)							Магнитные свойства при толщине проката 0,1—0,18 *мм*					
	Никель	Кремний	Хром	Молибден	Марганец	Углерод, не более	Алюминий	Магнитная проницаемость: начальная	Магнитная проницаемость: максимальная	Коэрцитивная сила, *а/м*, не более	Индукция насыщения, *тл*	Удельное электрическое сопротивление, *ом·мм²/м*	Точка Кюри, °С
50НХС	49,5—51	1,1—1,4	3,8—4,2	—	0,6—1,1	—	—	2 500	25 000	13	1,0	0,9	360
80НХС	79—81	1,1—1,5	2,6—3	—	0,6—1,1	—	—	22 000	120 000	2,4	0,65	0,63	330
79НМ	78,5—80	0,3—0,5	—	3,8—4,1	0,6—1,1	—	—	20 000	120 000	2,4	0,75	0,55	450
16Ю	—	⩽0,5	—	—	⩽0,1	0,02	15,8—16,5	4 000	90 000	3,2	0,51	1,4	250
16ЮХ	—	Не более 0,3	2—2,5	—	Не более 0,1	0,02	15,8—16,4	15 000	140 000	3,6	0,55	1,6	250

ния и прессования порошков из сплавов альни и альнико. Магнитные свойства таких материалов уступают сплавам, однако они обладают технологическими преимуществами при изготовлении миниатюрных магнитов.

Магнитно-мягкие материалы отличаются малой коэрцитивной силой и соответственно узкой петлей гистерезиса, поэтому потери на перемагничивание у этих материалов малы. Высокая магнитная проницаемость магнитно-мягких материалов позволяет получать большую магнитную индукцию в сердечнике при малой напряженности поля.

В сердечниках всех головок, кроме упомянутых головок стирания с постоянным магнитом, применяются магнитно-мягкие материалы. К этим материалам предъявляются следующие требования: достаточно большая начальная проницаемость $\mu_н$, при которой коэффициент шунтирования A получается близким к единице; малая коэрцитивная сила H_c (для уменьшения остаточной намагниченности); малые потери энергии на повышенных частотах; достаточно большая индукция насыщения B_s, благодаря чему отсутствует насыщение в суженной части сердечников головок записи и стирания; хорошая механическая обрабатываемость; равномерная структура и отсутствие посторонних включений, позволяющие получить острые грани полюсов сердечника; незначительное изменение магнитных свойств при механической обработке, стойкость к истиранию магнитной лентой.

Материалов, которые соответствовали бы всем перечисленным требованиям, пока нет. Поэтому при конструировании и изготовлении головок с учетом конкретных требований, предъявляемых к ним, применяется наиболее близко подходящий материал или комбинация нескольких материалов (комбинированные сердечники).

В настоящее время для изготовления сердечников широко используются сплавы с высокой магнитной проницаемостью марок 79НМ, 80НХС, 50НХС, 16ЮХ и ферриты. Их данные приведены в табл. 2 и 3.

При выборе материала для сердечника необходимо учитывать размеры, форму и тип сердечника (пластинчатый или пакетный), верхнюю граничную частоту диапазона передачи, частоту подмагничивания или стирания. С увеличением частоты переменного магнитного поля действующая магнитная проницаемость уменьшается, так

как вихревые токи, возникающие в пластинах, выталкивают переменный магнитный поток из середины пластин к их поверхности, чем уменьшается активная часть сечения сердечника и соответственно действующая магнитная проницаемость. Поэтому степень влияния поверхностного эффекта на магнитную проницаемость больше у тех материалов, у которых выше значение магнитной проницаемости. Для уменьшения поверхностного эффекта и потерь на вихревые токи, которые являются основными потерями в головке, сердечники выполняют из тонких пластин.

Электротехнические стали — это сплав железа с 0,5—5% кремния. Электротехническая сталь, например, марки Э46 имеет повышенное электрическое сопротивление, малую коэрцитивную силу в переменных полях и сравнительно высокую магнитную проницаемость. Сталь можно использовать только в сердечниках головок для простых любительских магнитофонов и аппаратов звукозаписи (диктофоны, телефонные ответчики и т. п.), от которых не требуются высокие электроакустические показатели.

К недостаткам стали относится так называемое «старение», в результате которого ее магнитные свойства с течением времени ухудшаются.

Железоникелевые сплавы с высокой магнитной проницаемостью, или как их еще называют — пермаллои, по сравнению с электротехническими сталями имеют бо́льшую магнитную проницаемость и меньшие потери. Известны несколько марок пермаллоя, отличаю-

Таблица 3

Марка феррита	Рабочие свойства		
	Начальная магнитная проницаемость	Допустимая рабочая температура, °С	Граничная частота, *Мгц*
Ф-400	400	110	1,5
Ф-1000	1 000	100	0,75
Ф-2000	2 000	100	0,5
ФМ-3000	3 000	120	0,2

щихся разным процентным содержанием никеля. Как видно из табл. 2, наибольшую магнитную проницаемость имеют пермаллои с содержанием 78,5—81% никеля. Пермаллой, содержащий 78,5% никеля, называется классическим пермаллоем.

Добавка в пермаллой молибдена, меди и хрома увеличивает электрическое сопротивление и уменьшает потери. Недостатками этих сплавов является резкое уменьшение магнитной проницаемости с возрастанием частоты. Начиная с частоты 20 *кгц* и выше, она становится меньше, чем у электротехнической стали. Особенно серьезным недостатком является изменение магнитных свойств сплавов в процессе их механической обработки, связанное с возникновением внутренних механических напряжений в материале. Поэтому в процессе изготовления необходимо осторожно обращаться с сердечником, а также и с пластинами сердечника после термообработки. Недостаток этих сплавов состоит также и в сравнительно малой стойкости к истиранию магнитной лентой.

Железоалюминиевые сплавы (16Ю и 16ЮХ) по магнитным свойствам (в основном по величине начальной магнитной проницаемости) несколько уступают сплавам типа пермаллоя, однако благодаря устойчивости магнитных свойств к механическим воздействиям и высокой износостойкости их можно считать более предпочтительными материалами для сердечников головок, чем пермаллои.

В табл. 4 приведены данные, показывающие влияние механических воздействий на магнитную проницаемость некоторых магнитно-мягких материалов.

Таблица 4

Марка сплава	Уменьшение магнитной проницаемости, %			
	при поперечном сжатии под давлением 0,75 *кг/мм²*		после снятия напряжения	
	Начальная	Максимальная	Начальная	Максимальная
80НХС	84	91	66	73
79НМ	68	88	18	38
16Ю	9	67	5	3

Для снятия напряжений после механической обработки и получения надлежащих магнитных свойств для магнитно-мягких сплавов необходима термообработка. Распространены два способа такой обработки: упрощенный — отжиг в закрытом контейнере (полноценен только для электротехнической стали) и отжиг при вакууме 10^{-2} — 10^{-4} *мм рт. ст.* — для высокопроницаемых сплавов. Режимы термообработки приводятся далее.

Ферриты, или, как их еще называют, «магнитная керамика», являются металлическими соединениями окислов железа и некоторых других элементов (никеля, цинка и др.). В отличие от магнитно-мягких сплавов ферриты имеют большое электрическое сопротивление и высокую твердость, приближающуюся к твердости корунда. Преимуществом ферритов является возможность изготовле-

ния сердечников путем прессования в соответствующих формах, а также более простая термообработка в открытой печи обжигом.

При резании ферриты обрабатывают алмазными кругами, при шлифовке — специальными абразивными порошками, а при доводке — алмазным (микронным) порошком.

По стойкости на истирание лентой ферриты намного превосходят даже железоалюминиевые сплавы, однако из-за неоднородности структуры ферритов, немагнитных включений связующего вещества, а также пористости возникают затруднения при обработке сердечника и при эксплуатации головки.

В процессе эксплуатации возникает эрозия поверхности ферритовых сердечников, которая ухудшает рабочие свойства головки. Эта эрозия образуется при трении магнитной ленты о сердечник, в результате чего происходят микроскопические выкрашивания феррита. С целью замедления эрозии применяют некоторые защитные меры, например вставку в рабочий зазор стеклянной прокладки с коэффициентом линейного расширения, близким к коэффициенту расширения данного феррита. Стеклянная прокладка вплавляется в зазор в горячем состоянии и прочно укрепляет поверхностный слой феррита в этой зоне.

Весьма эффективно применение ферритов в головках с металлическими полюсными наконечниками. При этом достигаются и малые потери в сердечнике и высокое качество выполнения рабочего зазора.

Пока ферриты нашли широкое применение только в головках стирания, в которых из-за широкого рабочего зазора (или зазоров) эрозия не имеет того существенного значения, как для головок воспроизведения или записи.

Материалы прокладок в зазорах должны отвечать разнообразным требованиям как механического, так и электрического характера. Прокладки рабочего зазора должны обладать диамагнитными свойствами, предохранять зазор от загрязнения магнитным порошком, а острые ребра полюсов сердечника — от притупления при соприкосновении с абразивной поверхностью магнитной ленты. Для достижения последнего требования материал прокладки выбирается несколько тверже материала сердечника. Для прокладок используют электропроводящие и изоляционные материалы. Для рабочих зазоров применяют оба материала, а для дополнительных зазоров — только изоляционные.

К наиболее применяемым проводящим материалам прокладок относятся: серебро, медь, бронза, к изоляционным — слюда, лавсан, стекло. Недостатком проводящих прокладок является дополнительная потеря мощности в них из-за вихревых токов.

Глава вторая

КОНСТРУКЦИИ ГОЛОВОК

Все магнитные головки отличаются между собой в основном конструктивным выполнением магнитопровода. По этому признаку головки можно разделить на несколько групп. К первой группе относятся головки, у которых сердечник склеен из пачки (пакета) тонких пластин магнитно-мягкого материала, ко второй — головки, имеющие сердечник из одной или нескольких согнутых пластин,

к третьей — головки с сердечником из порошкообразного магнитно-мягкого материала, например, феррита. Четвертая группа — это головки, имеющие сердечник из феррита, а полюсные наконечники — из пластин магнитно-мягкого материала.

С учетом свойственных каждой группе качественных характеристик, стоимости, технологичности и эксплуатационных особенностей сердечники имеют свои области применения. Головки первой группы используются в аппаратуре, для которой необходимы головки с высокими рабочими свойствами в сочетании с большой надежностью и долговечностью. Головки второй группы чаще всего применяются в массовых магнитофонах, где наиболее важна простота конструкции и возможность крупносерийного изготовления при небольшой стоимости. Головки третьей группы пока применяются только как стирающие в тех случаях, когда необходимо экономичное стирание. Четвертая группа головок используется для записи и воспроизведения в широком диапазоне частот, в частности в видеомагнитофонах.

Головки с пакетным сердечником

Пакетный сердечник склеивается из пластин магнитно-мягкого материала, предварительно прошедших соответствующую термообработку.

Как известно, потери на вихревые токи определяются величиной магнитной индукции в сердечнике, толщиной пластин и электрическим сопротивлением материала. Поэтому для уменьшения потерь сердечник склеивается из возможно более тонких пластин, изолированных между собой слоем клея.

Выбор толщины пластин и материала определяется рабочим диапазоном звуковых частот, а также частотой подмагничивания и стирания. В табл. 5 для некоторых магнитно-мягких материалов приведены значения верхних граничных частот, при которых магнитная проницаемость уменьшается на 30%.

Таблица 5

Марка материала	Толщина проката, *мм*	Граничная частота, *гц*	Марка материала	Толщина проката, *мм*	Граничная частота, *гц*
Э-44	0,35 0,10	18 500 160 000	79НМ	0,10 0,05	3 100 14 000
59НХС	0,35 0,10	2 400 36 000	16Ю	0,35 0,10	2 500 50 000

Материалы для корпусов и арматуры головок. Для изготовления корпусов и арматуры наиболее широко используются пластмассы и латунь. Применение того или иного материала определяется конструкцией корпуса и головки в целом. Вариантов конструктивного выполнения корпуса много, но в своей основе все они сводятся к двум способам механической фиксации сердечника. Первый способ — когда полусердечники стягиваются с помощью винтов или пружин. Второй способ — когда сердечник или полусердечники закрепляются монолитно с помощью заливочного компаунда.

Применение пластмассы позволяет упростить технологический процесс изготовления головок и при массовом изготовлении обеспечить сравнительно небольшую их стоимость, что является решающим для недорогих массовых магнитофонов. Однако рабочие характеристики таких головок неустойчивы как во времени, так и под влиянием климатических воздействий из-за неизбежного коробления корпуса, нарушающего размеры рабочего зазора. При трении ленты о пластмассу последняя электризуется и на нее начинает налипать магнитный порошок, загрязняющий головку. Если сердечник не имеет хорошего электрического соединения с общим корпусом магнитофона, то в процессе воспроизведения прослушиваются щелчки от стекания зарядов.

Применение металлических материалов для корпусов и арматуры головок позволяет избежать главных недостатков пластмассы. Основное преимущество металла заключается в возможности точной механической обработки деталей и достижении благодаря этому высокого качества головок и повторяемости их параметров при серийном изготовлении.

К недостаткам применения металла относятся большая трудоемкость изготовления и повышенный износ высокоточного оборудования, что значительно удорожает стоимость головок. Металлические материалы в настоящее время применяются главным образом для головок в профессиональных аппаратах магнитной записи.

Выбор ширины сердечника. Для обеспечения взаимозаменяемости записей геометрические размеры и расположение сердечников головок должны выдерживаться в строгих допусках.

Ширина сердечника у головок воспроизведения должна быть несколько меньше, чем ширина дорожки записи, а у головок стирания несколько больше. Хотя уменьшение ширины сердечника у головки воспроизведения связано с соответствующим уменьшением ее отдачи, однако с этим приходится мириться, поскольку таким путем ослабляют паразитную амплитудную модуляцию, возникающую из-за слабого прилегания головки к краю ленты и неровности этого края при однодорожечной записи на всю ширину ленты. При многодорожечной фонограмме уменьшение ширины сердечника позволяет ослабить амплитудную модуляцию, возникающую в результате смещения воспроизводящих сердечников относительно дорожек записи из-за неточного расположения головок.

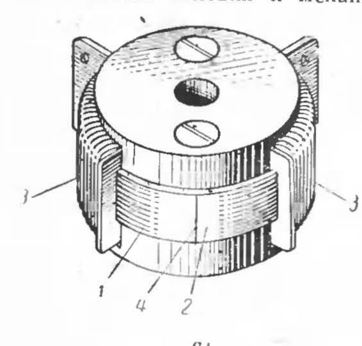
Расширение пакета сердечника головки стирания по тем же причинам позволяет обеспечить стирание со всей дорожки записи.

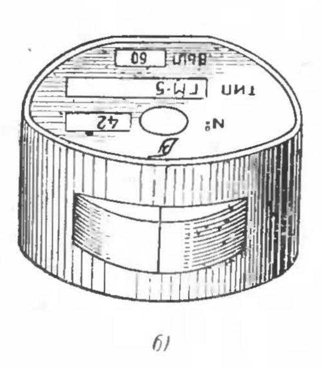
Что касается универсальных головок, то ширину их сердечника выбирают в соответствии с требуемой шириной дорожки записи.

Тороидальная головка. Обычная тороидальная головка так называемой классической конструкции была предложена Э. Шюллером еще в 1935 г. Схематически устройство головки показано на рис. 1. Общий вид трех ее основных конструктивных вариантов изображен на рис. 4. Простота устройства и хорошие характеристики, получаемые благодаря кольцеобразной форме магнитопровода, обеспечили в свое время таким головкам наибольшее распространение как в профессиональной, так и в массовой аппаратуре. Сердечник головки составлен из полусердечников *1* и *2* (рис. 4,*а*) с надетыми обмотками *3*; в стыках между полусердечниками образуются два зазора — рабочий *4* и дополнительный. Ширина зазоров опреде-

ляется толщиной вставляемых калиброванных прокладок из диамагнитного материала.

Сборка головки, изображенной на рис. 4,*а*, осуществляется стяжкой сердечника между алюминиевыми шайбами, а головки, изображенной на рис. 4,*б*, — путем скрепления заливочной массой. Устойчивость головки к механическим и климатическим воздействиям определяется тем, насколько она способна сохранять при этих воздействиях заданные размеры рабочего зазора, и зависит от способа соединения и крепления сердечника. Опыт производства и эксплуатации тороидальных головок показывает, что из-за неравномерности и непостоянства усилий стяжки (рис. 4,*а*) или вследствие неизбежной разницы температурных коэффициентов расширения материала сердечника и заливочной массы (рис. 4,*б*) сердечник деформируется, половинки его смещаются друг относительно друга и





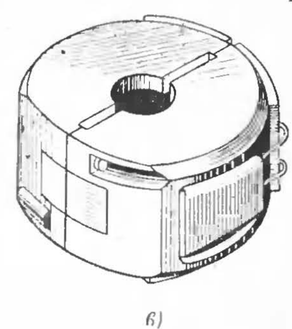


Рис. 4. Магнитные головки с пакетными сердечниками.

заданная форма рабочего зазора нарушается. Это приводит к изменению качественных показателей головки. Поэтому оба конструктивных варианта недостаточно надежны в работе, особенно когда окружающие климатические условия непостоянны или когда головки подвергаются вибрации или ударам.

Известен и практически используется способ повышения надежности головок, в значительной степени устраняющий указанный дефект. Этот способ заключается в том, что обе половинки сердечника спаивают между собой оловянно-свинцовым припоем, как это показано на рис. 5.

Кратковременное нагревание практически не изменяет магнитных и механических свойств сердечника. Нанесение электропроводящего припоя на торцы пластин увеличивает потери на вихревые токи в сердечнике незначительно, поскольку припой наносится

в местах, где рассеивается небольшая по величине нерабочая часть магнитного потока.

Сборка головки, показанной на рис. 4,*в*, осуществляется путем свинчивания симметричных латунных полукорпусов. В отличие от головок предыдущих вариантов в этом случае стягивающие силы

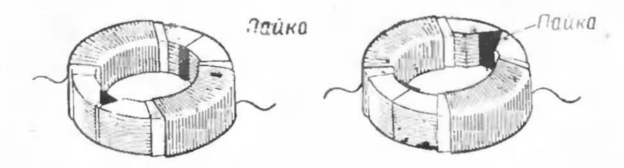


Рис. 5. Пайка сердечника в тороидальной головке.

действуют строго перпендикулярно к плоскости рабочего зазора, что позволяет при сборке получить узкие и исключительно правильной формы рабочие зазоры. На рис. 6 показано устройство такой головки. Цилиндрический корпус состоит из половин *1*, соединенных между собой стяжными винтами *2*; каждая половина имеет пазы для установки полусердечника с обмоткой *3*. Выводы обмоток

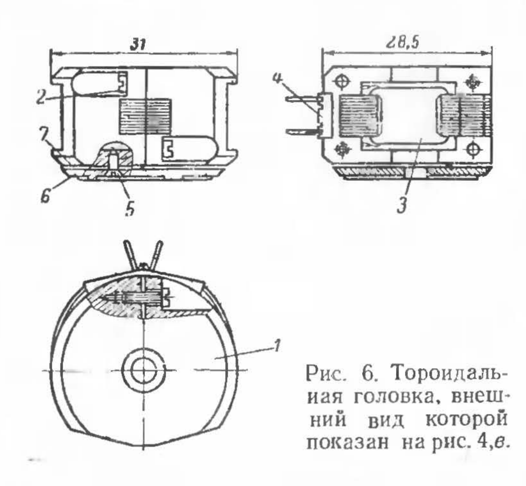


Рис. 6. Тороидальная головка, внешний вид которой показан на рис. 4,*в*.

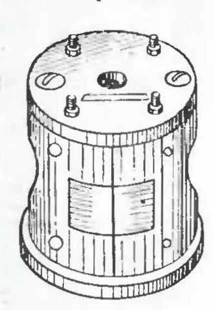
пропускаются через отверстия в корпусе и припаиваются к контактам плинта *4*. Двумя винтами *5* планка *6* крепится к головке. С помощью этой планки осуществляется крепление головки на отведенное для нее место в лентопротяжном механизме. Между планкой и одним полукорпусом головки помещается прокладка *7*, предохраняющая от поперечного сдвига другого полукорпуса при установке головки.

В случае применения металлической прокладки в рабочем зазоре необходимо по обеим сторонам сердечника в полукорпусах сделать выпилы, в которых с помощью клея закрепить эту про-

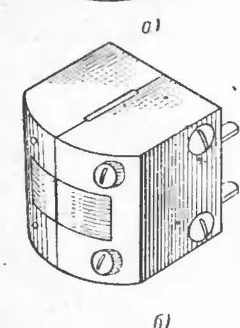
кладку так, чтобы она не была электрически соединена с полукорпусами.

Промышленностью выпускаются тороидальные головки типов З-01, З-02 (записи), В-01, В-02, В-03 (воспроизведения) и С-02 и С-04 (стирания). Основные данные этих головок приведены в приложениях 1, 2, 3.

Новые типы головок для студийных магнитофонов. Описанные выше тороидальные головки велики по своим размерам и не экономичны. На рис. 7 показаны два новых конструктивных варианта головок, применяющихся в отечественных профессиональных магнитофонах, а на рис. 8 — устройство этих головок.



а)



б)

Рис. 7. Новые студийные головки.

а — головка с цилиндрическим корпусом; *б* — головка с прямоугольным корпусом.

Корпус головки состоит из половин *1* и *2*, соединенных между собой стяжными винтами *3*. Каждая половина имеет пазы для установки полусердечника *4* с обмоткой. В головке с цилиндрическим корпусом (рис. 8,*а*) планка *6* с помощью двух винтов *5* прикрепляется к головке подобно тому, как это осуществлялось в старой тороидальной головке, показанной на рис. 6. Между головкой и планкой помещается прокладка *7*. Выводы обмоток прикрепляются к контактам плинта *8*. Крепление головки на лентопротяжном механизме производится скобкой *9* и винтом *10*.

В головке с прямоугольным корпусом (рис. 8,*б*) выводы обмоток припаиваются к контактам, укрепленным с помощью изоляционных втулок *8*. Головка помещается в экран *11*, в котором для установки головки предусмотрены отверстия с резьбой. Стяжка корпуса четырьмя винтами обеспечивает эффективную защиту сердечника от деформации и сдвигов.

Как уже указывалось, мощность потерь в сердечнике возрастает с увеличением его объема. Поэтому объем сердечников выбран сравнительно небольшим. Для сравнения на рис. 9 показаны на одном масштабе пластины сердечников различных головок. Пластины старых тороидальных головок показаны на рис. 9,*а*; пластины новых головок, показанных на рис. 7, приведены на рис. 9,*в*. Материал пластин — сплав 79НМ для головок воспроизведения и 50НХС для записывающих и стирающих головок. В тех случаях, когда повышены требования к долговечности головок, применяют сплав 16ЮХ. Применение пластин толщиной 0,1 *мм* уменьшает потери на высоких частотах, что особенно существенно в записывающих и стирающих головках.

Склейка пластин и вклеивание сердечника в корпус производится специальным клеем, изготовленным на основе эпоксидной смолы ЭД-6. Прокладки в зазорах слюдяные. Дополнительный зазор в головке воспроизведения не делается. Благодаря применению

неметаллических прокладок головки записи и стирания при длительной работе нагреваются слабо. Оба варианта конструкции позволяют изготавливать головки с шириной рабочего зазора от 5 *мк*.

Наиболее трудоемкая и ответственная операция при изготовлении тороидальных головок — это обработка рабочей поверхности. Эта операция выполняется или вручную, или на очень сложных станках, работающих по принципу маятника. При изготовлении головки с цилиндрическим корпусом (рис. 7,*а*) эту операцию можно выполнять значительно проще — на шлифовальном станке. Вместо

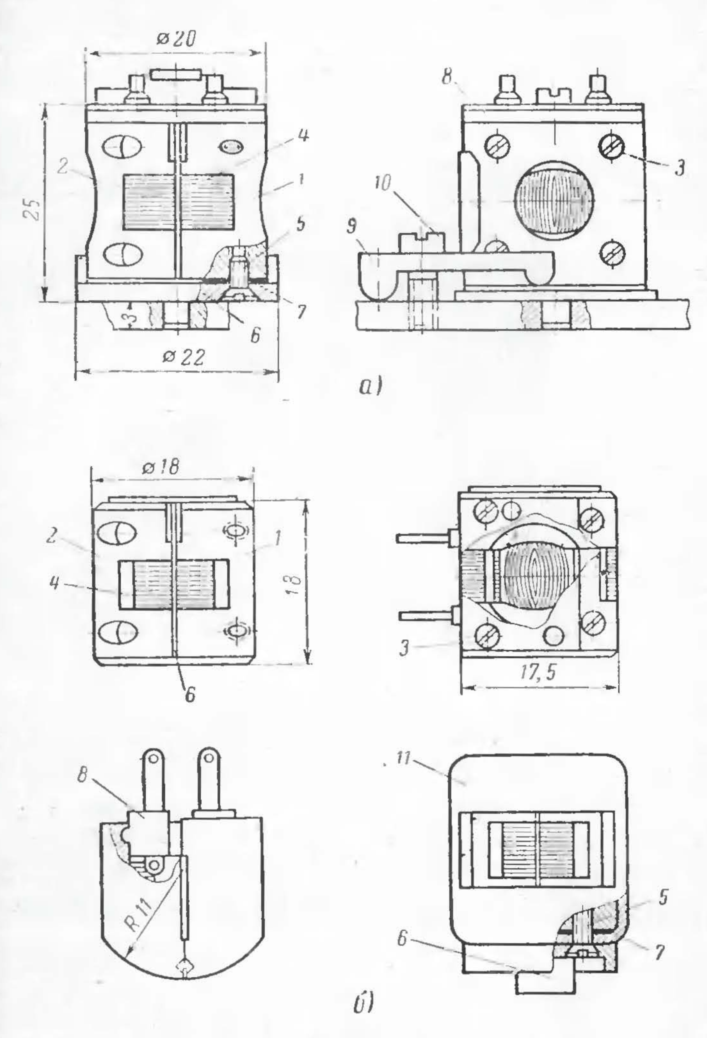


Рис. 8. Устройство студийных головок.

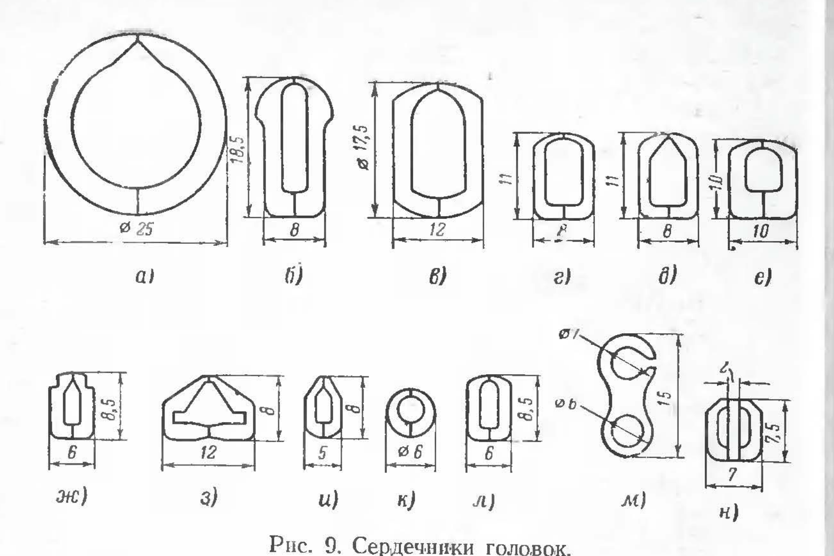
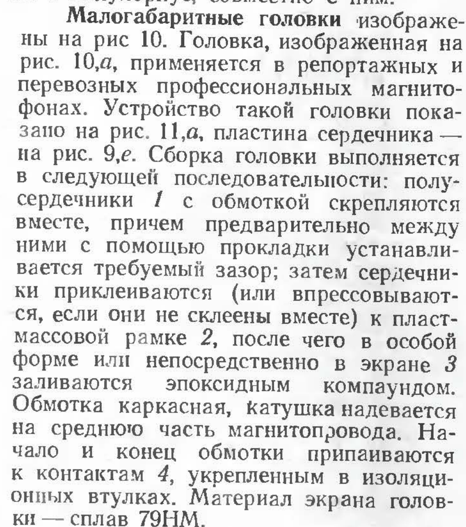


Рис. 9. Сердечники головок.

того чтобы обрабатывать торцы полусердечников отдельно, с помощью переходных приспособлений, в новых головках эта обработка выполняется после установки в полукорпус, совместно с ним.

Малогабаритные головки изображены на рис 10. Головка, изображенная на рис. 10,*а*, применяется в репортажных и перевозных профессиональных магнитофонах. Устройство такой головки показано на рис. 11,*а*, пластина сердечника — на рис. 9,*е*. Сборка головки выполняется в следующей последовательности: полусердечники *1* с обмоткой скрепляются вместе, причем предварительно между ними с помощью прокладки устанавливается требуемый зазор; затем сердечники приклеиваются (или впрессовываются, если они не склеены вместе) к пластмассовой рамке *2*, после чего в особой форме или непосредственно в экране *3* заливаются эпоксидным компаундом. Обмотка каркасная, катушка надевается на среднюю часть магнитопровода. Начало и конец обмотки припаиваются к контактам *4*, укрепленным в изоляционных втулках. Материал экрана головки — сплав 79НМ.



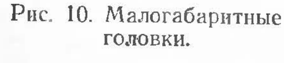
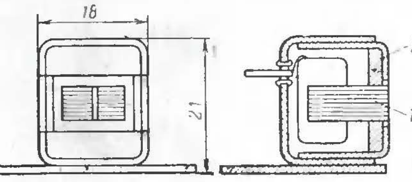


Рис. 10. Малогабаритные головки.

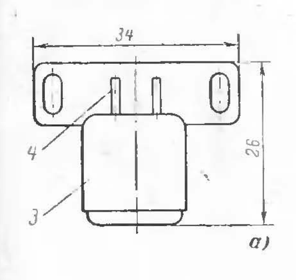
Головка, показанная на рис. 10,*б*, используется в аппаратуре при жестких требованиях к размеру головки в направлении движения ленты и при необходимости размещения обмотки с до-

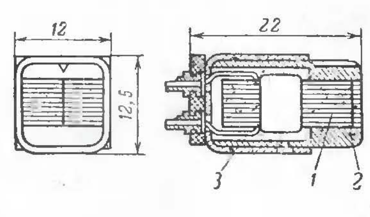
статочным количеством витков и малым активным сопротивлением.

Основным недостатком малогабаритных головок является обычно волнистость частотной характеристики воспроизведения в области больших волн записи (так называемая «змейка»). Данная конструкция головки с закругленной формой сердечника со стороны рабочей поверхности устраняет такую волнистость. Частотная характеристика головки имеет только плавный подъем, т. е. некоторое увеличение отдачи на низких частотах, что является даже желательным.



Пластина сердечника, использованная в головке, показанной на рис. 10,*б*, приведена на рис. 9,*б*. Форма носика пластины такова, что





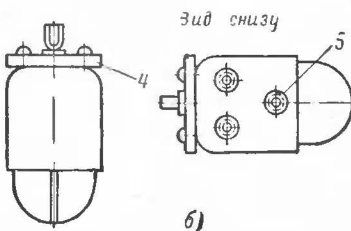


Рис. 11. Устройство малогабаритных головок.

а — головка, показанная на рис. 10,*а*; *б* — головка, показанная на рис. 10,*б*.

в процессе шлифовки торцов полусердечников сохраняется заданная глубина рабочего зазора, чем достигается большая идентичность головок.

Перед нанесением обмоток на полусердечники вытянутые их части обертываются двумя или тремя слоями конденсаторной бумаги или лавсановой пленки толщиной 7—10 *мк*. Накладки *2* (рис. 11,*б*) приклеиваются эпоксидным клеем к собранным полусердечникам *1* и далее сборка осуществляется так же, как в головке, изображенной на рис. 10,*а*. Выводы обмоток припаиваются к контактам плинта *4*. С помощью отверстий с резьбой *5* в экране *3* головка тремя винтами укрепляется в лентопротяжном механизме.

На рис. 12 показано устройство двух вариантов малогабаритных универсальных головок для массовых двухдорожечных магнитофонов. Из рисунков видно, что эти головки отличаются от предыдущих конструкций только формой, размерами сердечников и применением металлической рамки из диамагнитного материала, подобранного по температурному коэффициенту расширения и износостойкости, близ-

ким к материалу сердечника. Пластины сердечников обеих головок показаны соответственно на рис. 9,*ж* и *л*.

На рис. 13 приведен общий вид головки воспроизведения от узкопленочного кинопроектора «Украина», а пластина сердечника ее показана на рис. 9,*и*. Особенностью конструкции является «клювообразная» форма сердечника, обеспечивающая плотное прилегание к нему сравнительно упругой кинопленки. Крепление головки в аппарате производится с помощью втулки с резьбой и гайки.

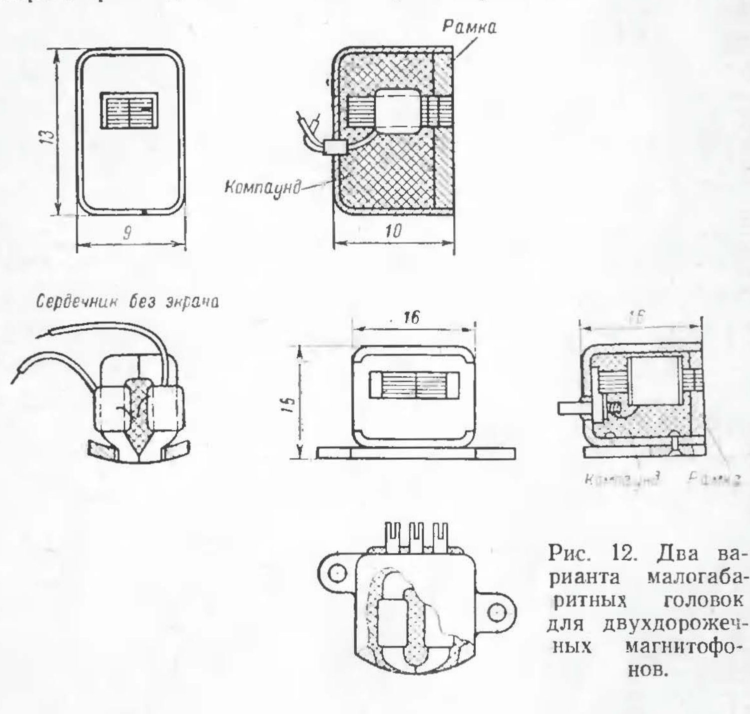


Рис. 12. Два варианта малогабаритных головок для двухдорожечных магнитофонов.

Размеры головок для двухдорожечных магнитофонов можно еще уменьшить, если располагать сердечник не параллельно основанию головки (рис. 14,*а*), а под некоторым углом (рис. 14,*б*). Это позволяет разместить обмотку головки так, что она не выступает за уровень магнитной ленты. Такое решение более оправдано, чем производимое иногда с той же целью выпиливание в сердечнике паза для обмоток, что увеличивает магнитное сопротивление сердечника.

Миниатюрная магнитная головка, применяемая в студийном магнитном ревербераторе типа МЭЗ-45А, показана на рис. 15. Применение миниатюрных головок необходимо при жестких требованиях к размерам, весу и помехоустойчивости аппаратуры. Особенностью конструкции являются малый объем сердечника, малые размеры корпуса и система сборки головки, обеспечивающая ей устойчивую работу в разнообразных климатических условиях.

Цилиндрический корпус головки состоит из половин *1* и *2*, соединенных между собой стяжными винтами *3*. Стягивающие силы

Рис. 15. Конструкция миниатюрной головки.

Рис. 13. Головка воспроизведения для кинопроектора.
а — внешний вид; *б* — устройство.

Рис. 14. Два варианта расположения сердечника в головке.

действуют строго перпендикулярно к плоскости зазоров. Каждая половина имеет пазы для установки сердечника с обмоткой *4*. Выводы обмоток пропускаются через отверстия в корпусе и припаиваются к контактам плинта *5*. Расположение обмоток симметричное. Объем сердечника выбран предельно малым, чтобы уменьшить воздействие внешних помех и потерн энергии на гистерезис и вихревые токи. Пластина сердечника головки показана на рис. 9,*к*. Миниатюрные головки изготавливаются записывающими и воспроизводящими.

Головки с пластинчатым сердечником

Само название сердечника в значительной степени определяет его устройство. На рис. 16 изображены разнообразные варианты таких сердечников. Они просты, миниатюрны и дешевы. Бóльшая

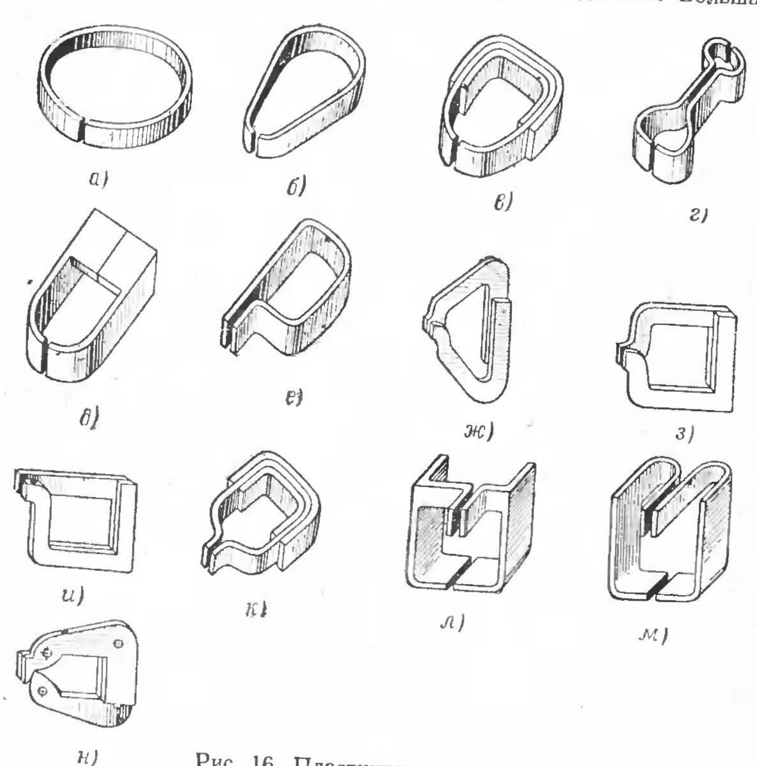


Рис. 16. Пластинчатые сердечники головок.

часть массовых магнитофонов, выпущенных за последние годы, имеет головки с пластинчатыми сердечниками. Однако такие головки не используются в магнитофонах для высококачественной записи из-за нескольких худших характеристик. К основным недостаткам

головок с пластинчатыми сердечниками относятся: большие частотные потери из-за монолитности сердечника, доходящие до 6—8 *дб* уже на частоте 5 000 *гц*; малое сечение, уменьшающее коэффициент шунтирования *А* и снижающее поэтому эффективность головки при воспроизведении; трудность получения правильной формы рабочего зазора. Кроме того, малая длина рабочей поверхности в направлении движения ленты у большей части таких сердечников (рис. 16,*е* — *н*) является причиной волнообразности частотной характеристики воспроизведения на средних и низких частотах даже при сравнительно небольших скоростях движения ленты.

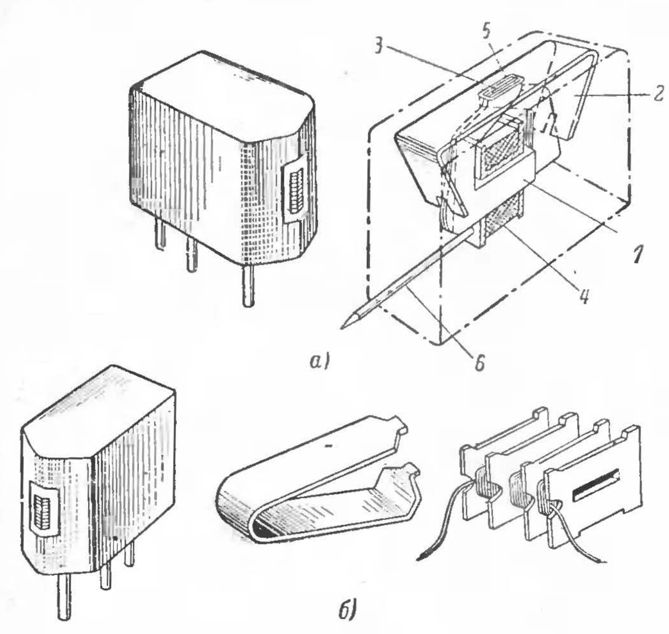


Рис. 17. Два варианта головок с пластинчатым сердечником.

Головки с пластинчатым сердечником и широкой рабочей поверхностью (рис. 16,*а* — *д*) по форме частотной характеристики и коэффициенту шунтирования почти равноценны головкам с пакетным сердечником, однако наличие больших частотных потерь в сердечнике делает их также не пригодными для применения в высококачественной аппаратуре.

Головки с пластинчатыми сердечниками целесообразно использовать только в дешевых магнитофонах, работающих на очень малых скоростях.

Два варианта головок с пластинчатым сердечником и узкой рабочей поверхностью показаны на рис. 17. Головка, показанная на рис. 17,*а*, наиболее распространена благодаря несложной технологии изготовления и очень экономичному использованию дорогостоя-

щего материала для сердечника. Сердечник собран в перекрышку из двух одинаковых пластин *1*, показанных на рис. 16,*н*. Пластины стянуты скобой *2*. Рабочий зазор образуется прокладкой *3*, помещаемой в зоне взаимного перекрытия носиков пластин. Катушка с обмоткой *4* надевается на тыльную сторону сердечника. Для предупреждения образования короткозамкнутого витка между сердечником и латунной скобой *2* ставится изолирующая прокладка *5*. Выводы обмотки соединяются с двумя контактными штырьками *6*. Сердечник и арматура головки электрически соединены с внешним экраном и залиты пластмассой.

К недостаткам конструкции, кроме изменения рабочих свойств во времени и при резких колебаниях температуры, следует отнести и сам конструктивный способ получения рабочего зазора путем взаимного перекрытия пластин. Он не обеспечивает требуемого постоянства длины рабочего зазора (ширины дорожки записи) как у только что изготовленных головок, так и по мере их износа.

Головка, изображенная на рис. 17,*б*, отличается от предыдущей еще более простым устройством сердечника, получаемого путем изгибания полоски пермаллоя. Для уменьшения собственной емкости обмотка головки намотана на каркасе, имеющем несколько секций.

Сборка головки сводится к установке прокладки между суженными концами пластины сердечника, которые затем стягиваются с помощью специального приспособления и закрепляются клеем через отверстие в латунной планке. Для предупреждения образования короткозамкнутого витка металлическую прокладку в зазоре изолируют от латунной планки. Собранный сердечник со всей арматурой с помощью эпоксидного компаунда закрепляется в пермаллоевом экране.

Новые конструкции головок

Головка с комбинированной прокладкой в рабочем зазоре. В наиболее распространенных конструкциях магнитных головок рабочий зазор образуется путем установки диамагнитной прокладки между торцами полусердечников или путем нанесения диамагнитного материала на эти торцы. Недостаток такой конструкции состоит в том, что технологически трудно точно обработать торцы до получения зеркальной поверхности. Кроме того, в результате обработки создаются механические деформации материала сердечника (наклеп), чем ухудшаются его магнитные свойства. Другой недостаток — неодинаковость геометрических размеров рабочего зазора при серийном производстве.

Эти недостатки могут быть устранены, если роль полюсов магнитопровода будут выполнять не торцы полусердечников, а слои магнитно-мягкого материала, нанесенные по бокам диамагнитной пластины, устанавливаемой между торцами.

Комбинированная прокладка, необходимая для получения рабочего зазора, состоит из диамагнитной пластины, на которую предварительно электролитическим способом или напылением наносится пленочное покрытие из магнитно-мягкого материала. Материал покрытия после обработки рабочей поверхности головки образует плотно прилегающие к диамагнитной пластине полюсы магнитопровода. Правильность формы рабочего зазора обеспечивается соответствующим способом изготовления диамагнитной пластины, например

точным прокатом. Что касается обработки торцов полусердечников, то она сводится в основном к получению их плоскостности и не требует трудоемкой операции доводки, которую выполняют ручным способом или на очень сложных станках.

Применение в головках комбинированной прокладки упрощает серийное производство, обеспечивает высокое качество рабочего зазора и надежность головки.

Головки с комбинированным сердечником. В тех случаях, когда к головкам предъявляют требования эффективной работы в широком диапазоне частот и повышенной стойкости к истиранию лентой, сердечники выполняют комбинированными из разнородных магнитно-

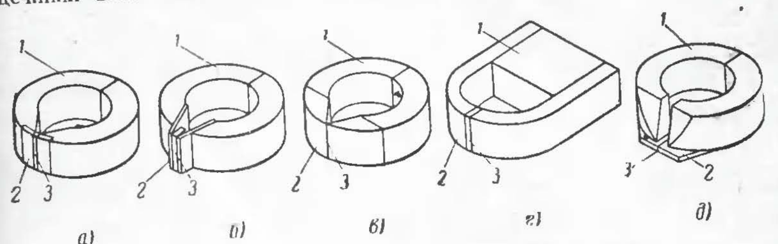


Рис. 18. Устройство комбинированных сердечников.

мягких материалов. Такие головки применяют, например, в аппаратах для записи высоких частот на ленту, движущуюся с большой скоростью.

На рис. 18 показано несколько вариантов комбинированных сердечников. Основная часть сердечника (*1*) выполняется, исходя из оптимальных условий для магнитопровода (малые потери в рабочем диапазоне частот и малое магнитное сопротивление), меньшая часть *2*, с помощью которой образуется рабочий зазор *3* (так называемые полюсные наконечники), выбирается из условий износостойкости. В зависимости от требований к головке комбинация материалов в сердечнике может быть различной. Например, для головок видеозаписи (рис. 18,*д*) основная часть сердечника — ферритовая, а полюсные наконечники изготавливают из альфенола. В сердечнике, показанном на рис. 18,*б*, основная часть выполняется из склеенных в пакет тонких пластин железоникелевых сплавов, имеющих хорошие магнитные и плохие механические свойства, а полюсные наконечники делают из более толстых и износостойких пластин железоалюминиевого сплава.

Головка для записи с повышенной плотностью. Возможности человеческого слуха определяют основные требования к качеству звукозаписи. К ним относится частотная характеристика до 12 000—16 000 *гц*, достаточно большое значение отношения сигнал/шум (50—60 *дб*) и малые нелинейные искажения (1,5—2%). На существующих лентах и обычных головках эти требования выполняются при плотности записи до 100 *гц/мм*. Дальнейшее увеличение плотности без снижения качества записи может быть достигнуто только с помощью новых лент, имеющих лучшие рабочие свойства, и применением особой конструкции головки записи. На рис. 19 схематически показано устройство такой головки.

Головка имеет два рабочих зазора. В правом зазоре возбуждаются два поля — поле низкой частоты и поле высокочастотного подмагничивания. В левом зазоре возбуждения — только высокочастотное поле той же частоты, что и подмагничивание. Левый зазор имеет бо́льшую ширину и вследствие этого образует почти вертикальное поле, накладывающееся на поле правого узкого рабочего зазора. Взаимодействие полей приводит к улучшению условий записи в поверхностной части ленты (т. е. на коротких длинах волн) и к более равномерному намагничиванию по всей толщине рабочего слоя ленты.

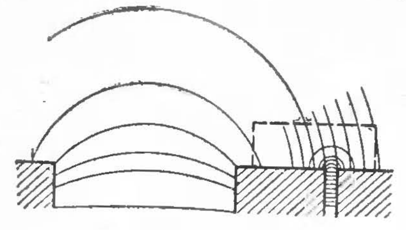


Рис. 19. Головка с фокусировкой магнитного поля.

Комбинированная головка с двумя сердечниками, разнесенными в направлении движения ленты, показана на рис. 20,*а*. Один сердечник используется для записи и воспроизведения, другой — для стирания. Такая комбинированная головка очень удобна для применения в небольших магнитофонах. Сердечники *1* головки (рис. 20,*б*) — пластинчатые с узкой рабочей поверхностью и несимметричной формой. Между сердечниками расположен экран *2*. Соединение каждого сердечника, закрепление их в латунной планке *3* и фиксация в общем пермаллоевом экране *4* (рис. 20,*а*) выполняются в приспособлении с помощью заливочного компаунда.

Головка пилоттона. Магнитная запись находит широкое применение как при производстве кинофильмов на киностудии, так и при озвучивании любительских фильмов. В первом случае изображение и звук фиксируются на общей кинопленке с магнитными дорожками и тем самым исключается их расхождение во времени. Во втором случае используются небольшие портативные съемочные камеры с узкой пленкой и обычные магнитофоны. При пуске проектора и магнитофона и вследствие различного характера движения кинопленки и магнитной ленты возникает расхождение во времени между изображением и звуком. Для того чтобы избежать его, на магнитную ленту одновременно с продольной звуковой дорожкой поперечным полем записывают управляющий сигнал, называемый пилоттоном, частота которого равна частоте смены кадров съемочной камеры. При демонстрации фильма сигналы пилоттона воспроизводятся и после соответствующего усиления используются для синхро-

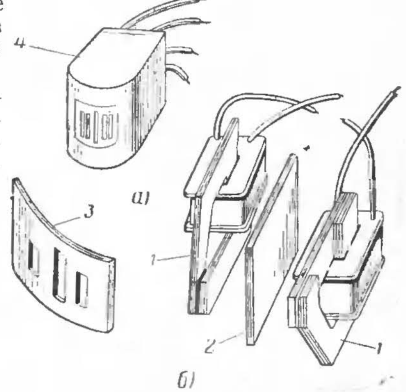
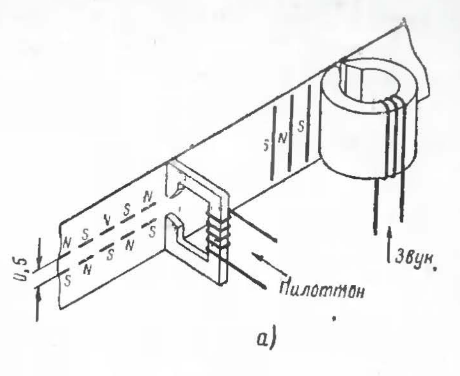


Рис. 20. Комбинированная головка.
а — внешний вид; *б* — устройство.

низации электродвигателя проектора или магнитофона.

На рис. 21,*а* схематически показан принцип записи пилоттона на магнитную ленту шириной 6,25 *мм*. Устройство используемой для этого универсальной головки изображено на рис. 21,*б*. Сердечник *1* с обмоткой *3*, собранный из двух одинаковых Г-образных пластин в перекрышку, с помощью эпоксидного клея прикреплен к латунной планке *2*. Рабочий зазор образуется латунной прокладкой *4*. Сердечник и вся арматура закреплены пластмассой *6* в пермаллоевом экране *5*.

При изготовлении таких головок особое внимание следует обратить на то, чтобы верхние слои обмотки располагались на расстоянии не менее 3—4 *мм* от рабочей поверхности головки. В противном случае магнитное поле рассеяния будет воздействовать на всю ленту и «зашумливать» основную запись.



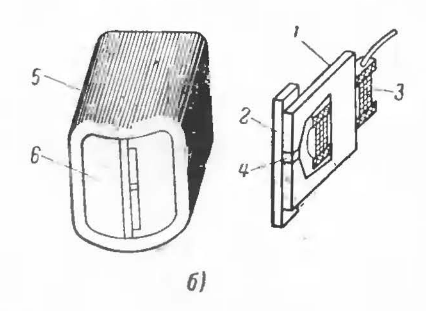


Рис. 21. Принцип записи пилоттона (*а*) и устройство используемой при этом универсальной головки (*б*).

Особенности конструкции головок стирания

Для стирания применяются головки трех типов: с постоянным магнитом, с возбуждением постоянным током и с возбуждением током высокой частоты (от 20 *кгц* и выше). Наиболее распространен последний тип головки.

По своей конструкции головка стирания представляет собой обычную головку, у которой металлический сердечник чаще всего заменен ферритовым. Головка стирания может быть выполнена в любом конструктивном варианте изготовления головок записи. В частности, в недорогих магнитофонах иногда применяют головки стирания с пластинчатыми сердечниками.

Конструкция простой головки стирания показана на рис. 22. Головка состоит из сердечника *1* с обмоткой и латунной планки *2*.

Пластина сердечника (см. рис. 9,*м*) выполнена в форме цифры 8 с двумя отверстиями: одно — для образования магнитопровода с просечкой для рабочего зазора *3*, который заполняется диамагнитной прокладкой, другое — для крепления головки в магнитофоне. Прокладка рабочего зазора толщиной 0,1—0,2 *мм* может быть выполнена как металлической, так и неметаллической.

Ферритовые головки стирания. Применение феррита в головках при высокочастотном стирании позволяет сократить расход энергии по сравнению с головками, имеющими металлический сердечник. Известно несколько конструкций магнитопровода ферритовых головок стирания с одним и двумя рабочими зазорами. Устройство их схематически изображено на рис. 23. Там же показаны и варианты выполнения обмоток.

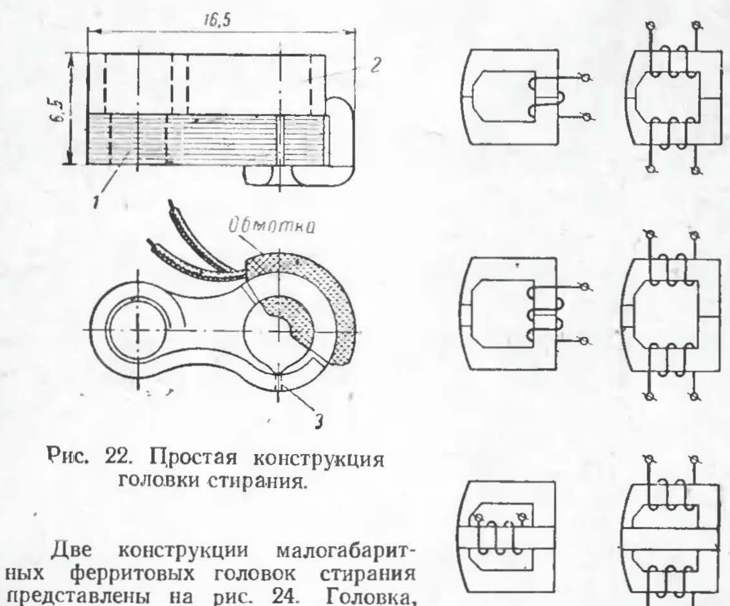


Рис. 22. Простая конструкция головки стирания.

Рис. 23. Варианты выполнения обмоток и магнитопроводов ферритовых головок стирания.

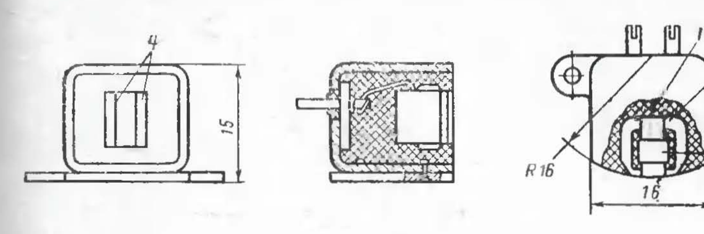
Две конструкции малогабаритных ферритовых головок стирания представлены на рис. 24. Головка, показанная на рис. 24,*а*, имеет металлический экран, который необходим при тесной (компактной) конструкции аппарата. Сердечник в обоих вариантах головок одинаков и собирается из одного центрального стержня *1* и двух боковых *2*. Обмотка *3* выполняется на центральном стержне. Сборка головки осуществляется в приспособлении, в котором вся арматура закрепляется заливочным компаундом.

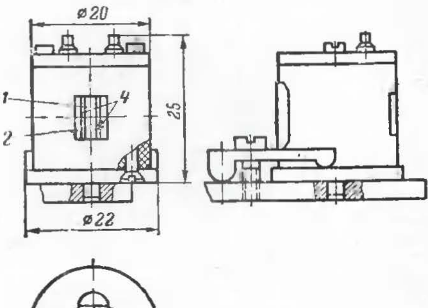
В головке, показанной на рис. 24,*б*, сердечник предварительно склеивается и затем со всеми соединительными и крепежными элементами закрепляется эпоксидным компаундом в пластмассовом корпусе.

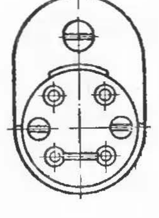
Оба варианта головки могут быть выполнены как для однодорожечной, так и для двухдорожечной фонограммы. Достоинством приведенных головок стирания с двумя зазорами, по сравнению с головками, имеющими один рабочий зазор, является лучшее стирание и более слабое поле помехи, излучаемое головкой. Это происходит потому, что при общей обмотке на центральном стержне потоки в рабочих зазорах имеют противоположное направление и вычитаются во внешнем пространстве.

Прокладки *4* в рабочих зазорах обоих вариантов головок слюдяные, толщиной 50—100 *мк*.

При изготовлении ферритовых головок следует учитывать, что наличие металлических деталей в арматуре увеличивает потери в головке и снижает ее экономичность. Так, например, применение металлической рамки для крепления сердечников в экране уменьшает экономичность головки на 10—20%. Для головок, изображенных на рис. 24, величина потерь на частоте 60—80 *кгц* может измениться почти в 4 раза при применении в рабочих зазорах металлических прокладок вместо слюдяных. При этом преимущества феррита практически утрачиваются.







б)

Рис. 24. Два варианта ферритовых головок стирания.

Головки стирания с постоянными магнитами не нуждаются в источниках питания, поэтому они могут применяться в небольших и экономичных магнитофонах. К недостаткам таких головок следует отнести необходимость их отвода от ленты после стирания и больший уровень шума ленты по сравнению с шумом ленты, размагниченной полем высокой частоты.

Принцип действия головки с постоянным магнитом показан на рис. 25,*а*. В направлении движения ленты создается плавно убывающее, переменное по направлению магнитное поле. Намагниченная ранее лента при движении через это поле подвергается нескольким циклам перемагничивания, вследствие чего она размагничивается. Головка устанавливается так, чтобы она касалась ленты одним из крайних зазоров. Угол между головкой и направлением движения ленты устанавливается опытным путем.

Головка стирания, показанная на рис. 25,*б*, имеет пять рабочих зазоров, и, следовательно, лента, движущаяся вдоль головки, 6 раз меняет свою намагниченность. Дальнейшее увеличение числа зазоров уже не улучшает стирания.

Для стирания записи с многодорожечной фонограммы, когда необходимо уменьшить влияние на соседнюю дорожку, применяется головка, показанная на рис. 25,*в*. В этой головке рабочие зазоры

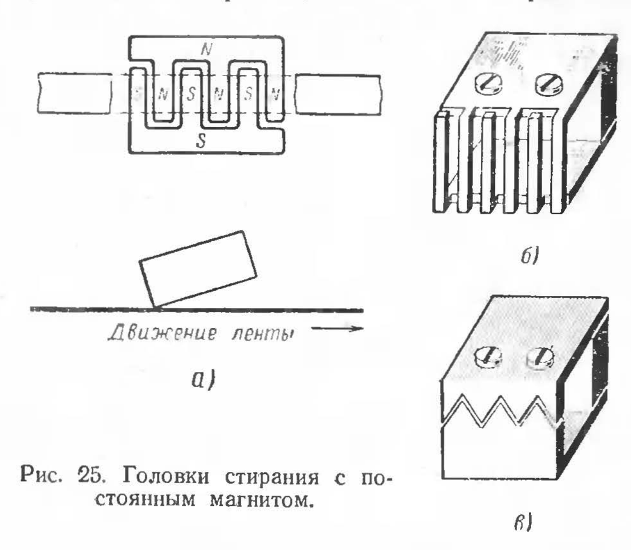


Рис. 25. Головки стирания с постоянным магнитом.

образуются зубьями верхней и нижней щек, между которыми винтами или сваркой крепится магнит. Ширина рабочих зазоров составляет примерно 0,2 *мм*. Магнит выполнен из сплава альни.

Глава третья

КОНСТРУКЦИИ БЛОКОВ ГОЛОВОК

Многодорожечные блоки головок

Фиксация на ленте нескольких взаимосвязанных во времени потоков информации наиболее эффективно может производиться способом многодорожечной записи. Процесс такой записи выполняется с помощью соответствующего количества обычных (однодорожечных) головок, размещенных в общем корпусе. Устройство, содержащее определенное количество головок для одновременной записи, воспроизведения или стирания на нескольких дорожках, называется многодорожечным блоком головок.

На рис. 26 показаны два типичных конструктивных варианта многодорожечных блоков головок. Корпус блока головок, показанного на рис. 26,*а*, состоит из двух полублоков *1* и *2*, соединенных между собой стяжными винтами *3*. Каждый полублок имеет пазы для установки полусердечников *4* с обмотками. Выводы обмоток припаиваются к контактам плинта *5*. Расположение обмоток может быть симметричное и асимметричное. Для увеличения переходного затухания между головками устанавливаются магнитные экраны *6*.

В процессе изготовления торцы полусердечников и поверхности полублоков совместно обрабатываются до получения плоскостности, с тем чтобы после сборки полублоков рабочие зазоры всех головок были расположены на одной прямой.

На рис. 26,*б* показан многодорожечный блок, представляющий собой набор головок *1*, соединенных с помощью направляющих стоек *2* или направляющих обойм. Окончательно головки скрепляются между собой заливочным компаундом. Достоинство этой конструкции состоит в возможности в широких пределах набирать нужное количество головок. Оба конструктивных варианта отвечают основному требованию многодорожечной записи — распо-

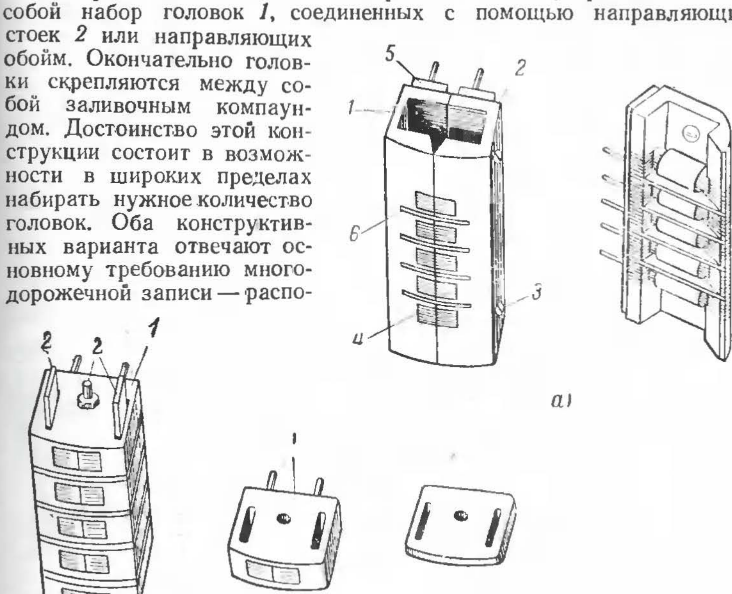


Рис. 26. Конструкции многодорожечных блоков магнитных головок.

ложение всех рабочих зазоров должно быть на одной прямой. Для увеличения поперечной плотности записи необходимо сокращать расстояние между сердечниками головок, однако это сближение ограничивается размерами обмоток и ухудшением переходного затухания, которое можно несколько увеличить, если применить несимметричные сердечники. На рис. 27 схематически изображено устройство трехдорожечного блока головок с несимметричными обмотками и сердечниками. Обмотки находятся на полусердечниках большего размера. Сокращение расстояния между сердечниками достигается смещением их середины относительно линии разъема полублоков.

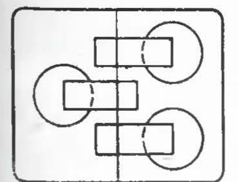


Рис. 27. Трехдорожечный блок головок с несимметричным расположением сердечников и обмоток.

При записи и воспроизведении раздельными блоками (рис. 28,*а*) необходимо рабочие зазоры этих блоков устанавливать строго параллельно друг другу. Однако такая регулировка недостаточна, когда предъявляется тре-

бование обмена записями, произведенными на разных аппаратах, поскольку в этом случае необходима перпендикулярность рабочих зазоров всех блоков к направлению движения магнитной ленты. Подобная регулировка выполняется двумя способами: оптическим — с помощью микроскопа или электрическим — с помощью измерительной ленты с записью сигнала высокой частоты. Благодаря своей простоте второй способ нашел большее распространение. Регулировка положения рабочего зазора несколько упрощается применением блока комбинированных головок, вариант конструкции которого изображен на рис. 28,*б*. Такой блок дает возможность осуществлять одновременно запись и воспроизведение.

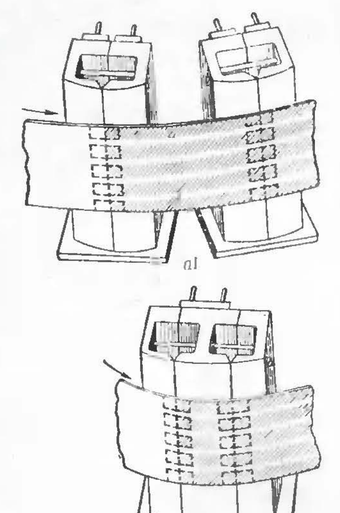


Рис. 28. Раздельные (*а*) и комбинированный (*б*) блоки записывающих и воспроизводящих головок.

Корпус блока состоит из трех частей. Общая средняя часть и две боковые соединены между собой винтами или заливочным компаундом. Каждая часть корпуса имеет пазы для установки полусердечников. В средней части с одной стороны размещаются полусердечники и обмотки головок записи, с другой — полусердечники и обмотки головок воспроизведения.

В процессе изготовления поверхности соприкасающихся частей корпуса обрабатываются до получения настолько точной плоскостности, что после сборки блока рабочие зазоры всех головок записи и рабочие зазоры всех головок воспроизведения параллельны. Установка наклона рабочих зазоров поэтому сводится только к регулировке по измерительной ленте положения головок воспроизведения.

На рис. 29 показан другой блок комбинированных головок, в основу конструкции которого автором положен новый способ размещения головок в корпусе. Корпус блока (на рисунке изображен справа) имеет форму цилиндра, разрезанного до сборки по диаметру; один из полублоков дополнительно разрезан еще и по радиусу.

Переходное затухание между головками записи и воспроизведения можно увеличить, расположив между ними магнитный экран.

Корпус блока состоит, таким образом, из трех частей *1*, *2* и *3*, соединенных между собой стяжными винтами *4*. Полублок *2* имеет сквозные пазы для установки полусердечников головок записи *5* и головок воспроизведения *6*.

В пазах двух малых частей корпуса (*1* и *3*) расположены полусердечники с обмотками, которые симметричны по отношению к полусердечникам полублока *2*. Выводы обмоток припаиваются к плинтам *7* и *8*. Для увеличения переходного затухания между соседними

головками установлены магнитные экраны *9*, а между головками записи и воспроизведения — экран *10*. Разделение корпуса блока на три части позволяет устанавливать различные по толщине прокладки в рабочих и дополнительных зазорах головок записи и воспроизведения.

Благодаря точной обработке частей корпуса со стороны пазов, в которых находятся полусердечники, после сборки блока рабочие зазоры всех головок записи и соответствующих им головок воспроизведения оказываются расположены в одной плоскости диаметрально противоположно и строго параллельно друг другу.

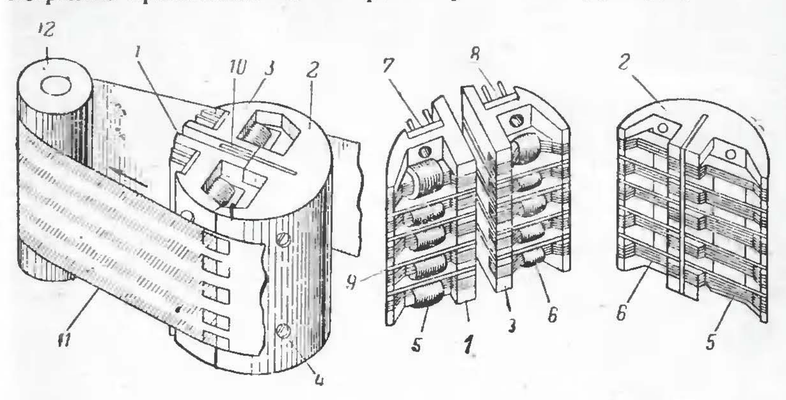


Рис. 29. Устройство многодорожечного блока комбинированных головок.

Магнитная лента *11* огибает блок, проходя через обводной ролик *12*.

Достоинством блока является возможность сравнительно несложными технологическими приемами выполнить три основных требования к рабочим зазорам головок, входящих в блок: линейность, параллельность и отсутствие сдвига в продольном и поперечном направлениях. Цилиндрическая форма корпуса позволяет упростить обработку рабочих поверхностей головок, выполняя ее на обычных круглошлифовальных станках, а не вручную или на специальных сложных станках. Блок имеет и весьма существенное эксплуатационное преимущество — он позволяет устанавливать рабочие зазоры перпендикулярно к направлению движения магнитной ленты быстро, с большой точностью и без применения измерительной ленты. Установка блока выполняется непосредственно в процессе записи и воспроизведения сигналов достаточно высокой частоты, путем нахождения такого угла наклона блока в целом, при котором э. д. с. его головок воспроизведения максимальна.

Величина угловой ошибки может быть сделана исключительно малой, если установку производить по двум крайним дорожкам записи, соединив обмотки верхних и нижних головок так, чтобы записи на этих дорожках были синфазны, а их воспроизведение противофазно. Установка производится при этом по минимуму суммарной э. д. с. воспроизведения.

Рассмотренная конструкция блока головок может применяться при различном количестве дорожек записи и при различной ширине магнитной ленты.

Стереофонические блоки головок

Появление стереофонического радиовещания повлекло за собой развитие двухканальной стереофонической магнитной звукозаписи. Наибольшее распространение получили двух- и четырехдорожечные фонограммы на ленте шириной 6,25 *мм*. Первые используются в профессиональных магнитофонах, вторые — в магнитофонах широкого применения. При четырехдорожечной фонограмме записываются по

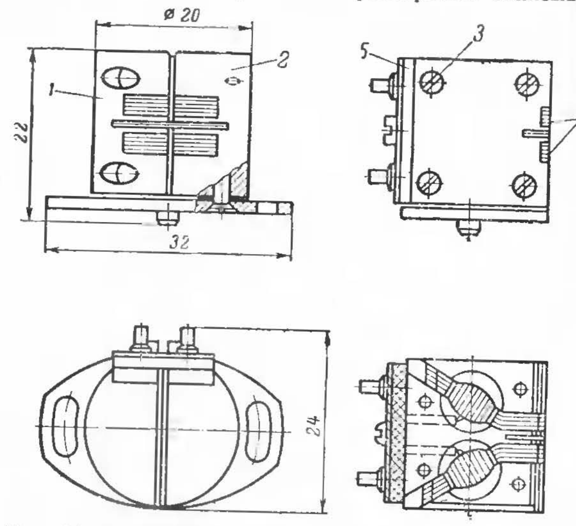


Рис. 30. Двухдорожечный стереофонический блок головок.

две дорожки в каждом направлении движения ленты. Принятое направление, размеры и расположение дорожек при стереофонической записи должны соответствовать ГОСТ 8088-62.

Каждый стереофонический блок головок состоит из двух головок (записывающей, воспроизводящей или универсальной). Передача стереоинформации требует снижения до минимума временного сдвига между записями на одной и на второй дорожках. Это возможно в том случае, если рабочие зазоры головок блока расположены точно в одной плоскости.

На рис. 30 показана конструкция блока головок, применяемого в отечественном профессиональном стереомагнитофоне типа МЭЗ-41А *.

Цилиндрический корпус блока состоит из двух половин *1* и *2*, соединенных между собой винтами *3*. Каждая половина имеет пазы

* Основные характеристики блока приведены в приложениях 1 и 2.

для полусердечников *4* с обмотками. Выводы обмоток пропускаются через отверстия в корпусе и припаиваются к контактам плинта *5*. Обмотки расположены симметрично. На этом же рисунке изображен поперечный разрез блока в плоскости зазоров. Особенностью конструкции является изгиб * полусердечников со стороны дополнительного зазора, чем в основном и ослабляется влияние одной головки на другую.

Недостатком этих блоков является невозможность использования их также и для двухдорожечной монофонической записи, т. е. для одновременной записи двух различных звуковых сигналов, так как переходное затухание между головками мало́.

Унифицированный блок головок для монофонической и стереофонической записи

Двухдорожечный блок головок, показанный на рис. 31, отличается от предыдущих блоков меньшими размерами. Этот блок допускает использование его как для стереофонической, так и для монофонической двухдорожечной записи и воспроизведения. Благодаря закругленной форме пластин сердечника волнистость частотной характеристики воспроизведения в области больших длин волн записи меньше, чем у блока, описанного в предыдущем параграфе.

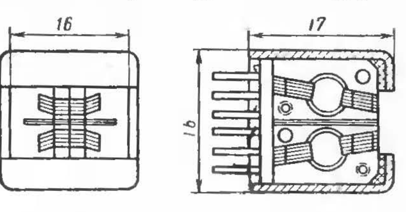


Рис. 31. Двухдорожечный унифицированный блок головок.

Полусердечники блока собраны из пластин, изображенных на рис. 9,*д*, и наклонены друг к другу под углом 30°. Прокладки в зазорах слюдяные. Между сердечниками головок помещается двухслойный магнитный экран, поскольку одного наклонного расположения сердечников недостаточно для достижения переходного затухания более 50 *дб*, требуемого для монофонической записи по двум дорожкам. Магнитное экранирование блока упрощается благодаря миниатюрности сердечников. При использовании блока в одномоторном магнитофоне для экранирования блока достаточно однослойного пермаллоевого экрана.

Миниатюрные блоки головок

На рис. 32 показано устройство миниатюрного стереофонического блока головок. Размеры и форма пластин сердечников головок показаны на рис. 9,*л*. Сердечники *5* установлены параллельно в пазах полублоков *1* и *2*. Между ними расположен магнитный экран *3*. Помимо основного назначения, экран обеспечивает правильное взаимное положение полублоков при сборке, которая осуществляется с помощью винтов *6*. Выводы обмоток распаиваются на проволочные контакты в изоляционных втулках *4*.

* Выполняется в приспособлении до термообработки пластин.

Переходное затухание между головками хотя и не превышает 46 *дб* в диапазоне частот 200—16 000 *гц*, однако в ряде случаев этого достаточно, чтобы применять блоки и для монофонической двухдорожечной записи.

Недостатком конструкции является увеличенная волнистость частотной характеристики воспроизведения.

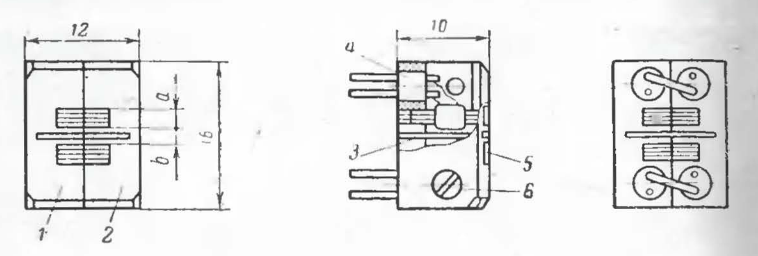


Рис. 32. Миниатюрный стереофонический блок головок.
Для записи a=2,4 *мм*, b=1,4 *мм*; для воспроизведения a=2,2 *мм*, b=1,6 *мм*.

На рис. 33 приведено устройство двухдорожечного блока головок стирания. Блок состоит из двух головок с ферритовыми сердечниками, каждая головка имеет один центральный стержень *1* и два боковых *2*. Обмотка *3* выполняется на центральном стержне. Сборка каждой головки производится в специальном приспособлении. Предварительно устанавливаются слюдяные прокладки в рабочих зазорах, затем головки и помещенный между ними трехслойный экран *4* (пермаллой — бронза — пермаллой) вместе с пластмассовой планкой *5* и выводами закрепляются в специальной форме заливочным компаундом *6*, после чего монолитный блок помещается в пермаллоевый экран (на рисунке не показан). Ферритовые сердечники блока показаны на рис. 9,*н*.

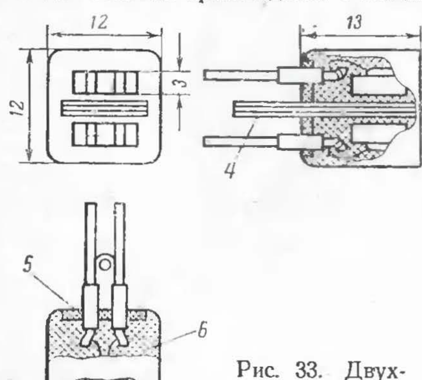


Рис. 33. Двухдорожечный блок головок стирания.

Оригинальная конструкция двухдорожечного блока головок с пластинчатым сердечником и широкой рабочей поверхностью изображена на рис. 34. Корпус блока состоит из двух симметричных штампованных пластмассовых половин *1*, соединяемых в приспособлении заливочным компаундом *7*. Каждая половина корпуса имеет пазы для установки полусердечников *3* и *4*. Тыльная сторона пластины каждого полусердечника отгибается так, что катушки головок разнесены друг от друга, этим

в значительной мере увеличивается переходное затухание. Кроме того, между головками помещен магнитный экран *2*.

Выводы обмоток распаяны на плинте *6*. Для того чтобы рабочие зазоры головок находились на одной прямой, необходимо, чтобы половины корпуса после обработки имели хорошую плоскостность

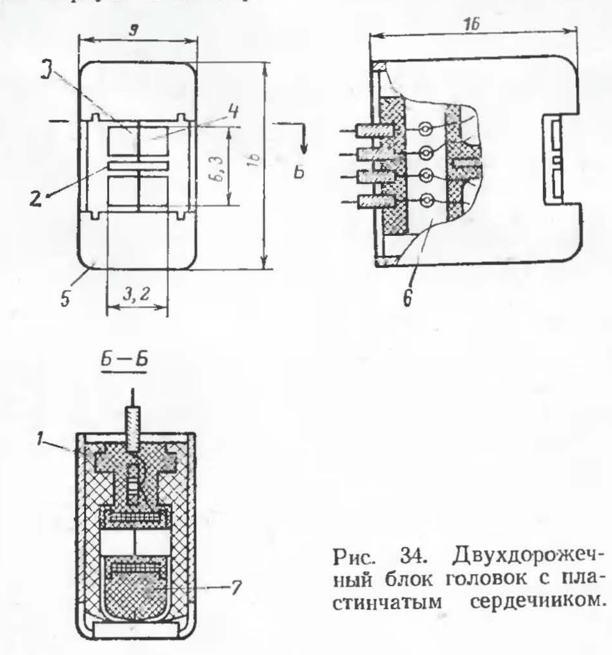


Рис. 34. Двухдорожечный блок головок с пластинчатым сердечником.

в месте разъема. При сборке обе половины скрепляют клеем, предварительно поместив прокладки в зазоры. Далее блок помещается в пермаллоевый экран *5* и заливается компаундом.

Глава четвертая

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И УСТАНОВКА ГОЛОВОК

Изготовление головок

Магнитные головки с высокой разрешающей способностью — это прецизионные приборы. Промышленное изготовление головок, хотя и простых по устройству, связано со многими трудностями, в основном технологическими. В настоящее время массовое производство простых головок основано на широком применении механизации и автоматизации. В отличие от этого малосерийное производство головок профессионального назначения выполняется с помощью ручного труда высококвалифицированных рабочих. В процессе производства этих двух видов головок, помимо пооперационного кон-

троля, собранная головка подвергается испытанию на специальном измерительном стенде.

Для производства головок на ряде предприятий организованы специализированные цеха, в которых поддерживается постоянная температура, установлены приборы для очистки воздуха и создан ряд других необходимых условий.

Ниже перечисляются основные операции изготовления тороидальных головок, показанных на рис. 4, и указана последовательность этих операций в технологическом процессе:

1. Штамповка пластин.
2. Термообработка пластин.
3. Склейка пакетов полусердечников.
4. Изготовление арматуры и прокладок головок.
5. Намотка катушек (для головок на рис. 4,*а* и *б*) или обмотка сердечников (для головки на рис. 4,*в*).
6. Сборка полусердечников в полублоках (для головки на рис. 4,*в*).
7. Предварительная шлифовка торцов.
8. Предварительная шлифовка рабочей поверхности.
9. Окончательная доводка торцов.
10. Сборка магнитопровода (для головки на рис. 4,*б*).
11. Сборка головки.
12. Окончательная доводка рабочей поверхности.
13. Испытания головки.

Данный технологический процесс с небольшими изменениями пригоден и для других конструкций головок. Вкратце об этих изменениях сказано в приводимом ниже описании технологических операций.

Штамповка пластин. Для штамповки используется лента магнитно-мягкого материала, которая для удобства предварительно разрезается в направлении проката на несколько узких полос шириной, соответствующей размерам пластин. Штамповка выполняется вырубными штампами.

Термообработка пластин. Перед тем как приступить к термообработке, чистые пластины, не имеющие видимых механических повреждений, обычно пересыпают тонким слоем магнезии или окиси алюминия и затем складывают пакетами в специальных контейнерах или на небольших противнях. Такая подготовка пластин позволяет сохранить их от спекания и деформаций в процессе термообработки. Перед тем как перейти к следующей операции, пластины промывают и затем высушивают.

Как уже упоминалось, термообработка для некоторых материалов состоит из двух операций: предварительного отпуска в печи для лучшей механической обработки при штамповке и последующего отжига в вакуумных печах для получения необходимых магнитных свойств. Режимы термообработки указаны в табл. 6.

После отжига пластин их магнитные свойства определяются с помощью так называемых «свидетелей» — специальных колец, отштампованных из того же материала и отожженных одновременно с пластинами.

Отожженные пластины чувствительны к механическим воздействиям, бóльшим предела упругости, поэтому при дальнейшей обра-

Таблица 6

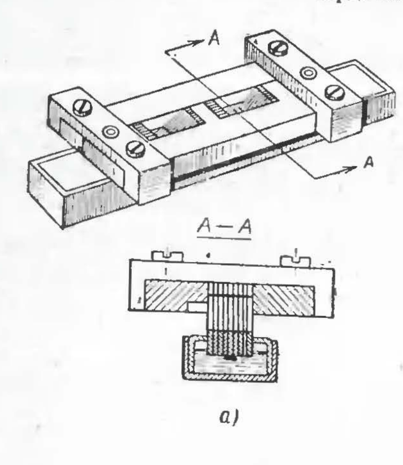
Марка сплава	Среда отжига	Температура и скорость нагрева	Время выдержки нагрева в зависимости от размера и веса садки, *ч*	Режим охлаждения
50НХС 80НХС	Вакуум	1 100—1 150° C со скоростью 400—500° *град/ч*	3—6	Охлаждение до 400° C со скоростью 100 *град/ч*; далее охлаждение образцов на воздухе
79НМ	То же	1 100—1 150° C со скоростью 400—500° *град/ч*	3—6	Охлаждение до 600° C со скоростью 100—200 *град/ч*; с 600 до 200° C — плавное охлаждение со скоростью не более 500 *град/ч*
16Ю*	В открытой печи, окружающая атмосфера	1 000° C в течение 1 *ч*	0,5—1	Охлаждение до 600° C со скоростью 60 *град/ч*. Выдержка при 590—600° C в течение 10—20 *мин*, затем резкое охлаждение в масле или 25%-ном растворе едкого натра (закалка)
16ЮХ*	В открытой печи**	1 000° C	0,5	Охлаждение со скоростью 50 *град/ч* до 650° C, выдержка 30 *мин*, затем закалка в масле

* Перед штамповкой пластин производится предварительная смягчающая термообработка. Материал помещается в печь при температуре 650° C, выдерживается 5 *мин* и затем охлаждается на воздухе.

** Для получения повышенных магнитных свойств рекомендуется проводить термообработку с предварительной рафинировкой в вакууме.

ботке и транспортировке пластин с ними нужно обращаться осторожно.

Склейка пакетов полусердечников. В процессе склейки образуются монолитные пакеты сердечников заданной толщины и правильной формы, при которой боковые поверхности должны быть перпендикулярны к плоскости торцов, а торцы не должны иметь выступающих пластин-ступенек. Склейка обычно производится эпоксидным клеем. Собранные пакеты укладываются в зажимную рамку так, чтобы закругленная часть пластин погружалась в ванну с клеем, как это показано на рис. 35,*а*. Клей проникает между отдельными пластинами и скрепляет их. После этого пакеты подсушиваются в термостате при температуре 50° С в течение 30 *мин*.



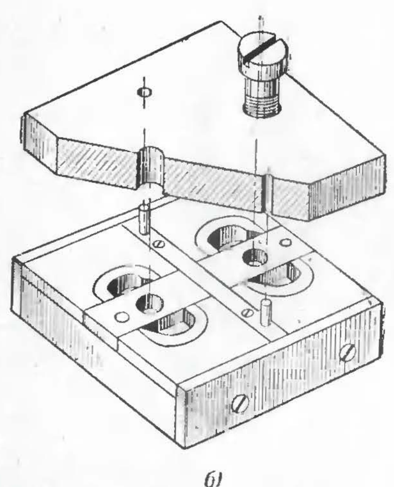


Рис. 35. Приспособления, применяемые для склейки пакетов сердечников.

Подсушенные пакеты укладываются заподлицо в приспособление, один из вариантов которого показан на рис. 35,*б*. При укладке надо следить за тем, чтобы ступеньки на поверхности пакета не превышали 0,05 *мм*, иначе в последующем при шлифовке появится необходимость снятия большого припуска, что может повлечь за собой наклеп и расхождения клеевого шва, называемое «распушиванием» носика. Толщина клеевого шва не должна превышать 10 *мк*.

Для того чтобы пакет не приклеивался к приспособлению, место их соприкосновения смазывают маслом (например, силиконовым). Правильно установленные пакеты стягиваются винтами приспособления до упора, чем обеспечивается их заданная толщина. Для ускорения сушки приспособление помещается в термостат и выдерживается там 2 *ч* при температуре 180—200° С. Затем приспособление разбирают, вынимают пакеты и очищают их от остатков клея и смазки. Ниже приводится состав клея и компаунда, применяемых при склейке пакетов сердечников и при сборке головок.

Клей

Состав	Количество весовых частей
Смола ЭД-6	100
Полиэтиленполиамины (отвердитель)	7
Изооктиловый спирт	10
Ацетон	383

Компаунд

Состав	Количество весовых частей
Смола ЭД-6	100
Полиэтиленполиамины (отвердитель)	21
Ацетон	11
Мел (наполнитель)	21

Изготовление арматуры и прокладок. При массовом производстве все детали головок изготавливаются с применением штамповки, а при мелкосерийном производстве — с применением слесарных работ и фрезеровки. Каркасы катушек и плинты с контактами выполняются прессованием из различных пластмасс.

Для изготовления корпусов, полублоков и стягивающих обойм применяют сплавы латуни, пластмассы, а также сплавы на основе алюминия. Как уже упоминалось, выбор материала определяется конструктивными особенностями головок, механическими и климатическими требованиями и в первую очередь устойчивостью к истиранию лентой. Выбирать материалы деталей, подвергающихся истиранию лентой, нужно так, чтобы износ этих деталей (сердечника и корпуса) был одинаков. Правильный подбор материалов облегчает процесс изготовления головок.

Доработка заготовок металлических полублоков производится сверлением (под винты, штифты и обмотки) и фрезерованием (прорезка пазов для сердечников и экранов).

Пластмассовые полублоки и корпуса изготавливаются прессованием из порошков с последующей доработкой. Необходимо учитывать то, что геометрическая форма, размеры и плоскостность деталей со временем изменяются. Изготовление полублоков, корпусов и деталей путем литья из легкоплавких материалов хотя и может обеспечить высокую точность, однако связано со значительными технологическими трудностями.

Изготовление прокладок для зазоров сердечников требует особой аккуратности. Прокладки вырезаются из фольги диамагнитных металлов или из расслоенных листков слюды, толщину которых необходимо контролировать с помощью измерительных приборов. Прокладка в рабочем зазоре может быть получена также напылением или гальваническим нанесением диамагнитного материала на торцы сердечников. Последние два способа хотя и сложны, но зато позволяют получить хорошую повторяемость размеров рабочего зазора при массовом изготовлении головок.

Намотка. Обмотки предварительно наносятся на пластмассовые каркасы (для головок, показанных на рис. 4,*а* и *б*) или непосред-

ственно на сердечник, обернутый слоем изоляции (для головки, показанной на рис. 4,*в*).

Намотка рядовая выполняется на специальном станке.

Для сохранения формы сердечника при зажиме в намоточном станке его обертывают слоем упругой ленты или защищают с помощью тонких пластмассовых прокладок.

Для намотки катушек головок, показанных на рис. 4,*б* и *в*, применяется провод в эмалевой изоляции, стойкий к высокой температуре, влаге и действию заливочного компаунда.

Сборка полусердечников в полублоках. Полусердечник с обмоткой предварительно закрепляется с помощью эпоксидного клея в пазах полублока, а затем подвергается термообработке для отверждения клея.

Обработка плоскостей разъема сердечников и полублоков (технологические операции 7 и 9). Обработка торцов полусердечников головок, показанных на рис. 4,*а* и *б*, производится с помощью абразивных инструментов и технологической оснастки с целью получения требуемой чистоты и плоскостности обрабатываемых поверхностей. Процесс обработки выполняется при небольшом давлении, при котором еще не появляются значительные структурные изменения в поверхностном слое материала сердечника.

Обработка плоскостей разъема полублоков с вмонтированными полусердечниками (см. рис. 4,*в*) осуществляется несколько проще, так как не требуется приспособлений для крепления полусердечников. После обработки плоскостность не должна иметь отклонение более 1 *мк*, а чистота поверхности — не хуже двенадцатого класса. Допустимый припуск на такую обработку не должен превышать 0,1 *мм*. Обработка выполняется на мелкозернистых шлифовальных камнях или притирах (чугунные плиты, шаржированные тонкими зернами абразива). Рабочая поверхность шлифовальных камней и притиров в процессе работы теряет строгую плоскостность, поэтому ее необходимо периодически проверять и в случае необходимости производить правку с помощью прецизионного инструмента.

При изготовлении головок с шириной рабочих зазоров менее 5 *мк* обрабатываемые поверхности должны соответствовать точности обработки оптических плоских стекол. Контроль такой обработки может осуществляться оптическим интерференционным способом.

Обработка торцовых плоскостей полусердечников и полублоков обычно производится двумя технологическими операциями: первая — предварительная шлифовка и вторая — окончательная полировка и доводка.

Предварительная шлифовка полусердечников для головок, показанных на рис. 4,*а* и б, может производиться вручную или на обычном плоскошлифовальном станке с помощью приспособлений, изображенных на рис. 36.

Торцы полусердечников при установке в приспособлении выравниваются в плоскости, параллельной ходу стола шлифовального станка. Выравнивание осуществляется лекальной линейкой, затем полусердечники затягиваются в тисках до упора, который предохраняет их от чрезмерного сжатия.

При шлифовке снимается не более 0,1 *мм* до получения чистой поверхности. Те же приспособления обеспечивают необходимую перпендикулярность плоскости торцов к боковым поверхностям пакетов. После окончания данной операции надо удалить заусенцы. Обработанные полусердечники подбирают попарно для дальнейшей обработки.

Полировку и доводку выполняют вручную на ровном матовом стекле или притирах с применением полировальных паст.

Одновременно притирают два полусердечника одной головки, их складывают вместе и через равные промежутки времени меняют местами. Эта операция считается выполненной, если обрабатываемая поверхность зеркальная, а ее шероховатость не превышает 0,2 *мк*. При контроле поверхности на бинокулярном микроскопе с увеличением 100, торцы отдельных пластин должны отчетливо разделяться клеевым швом.

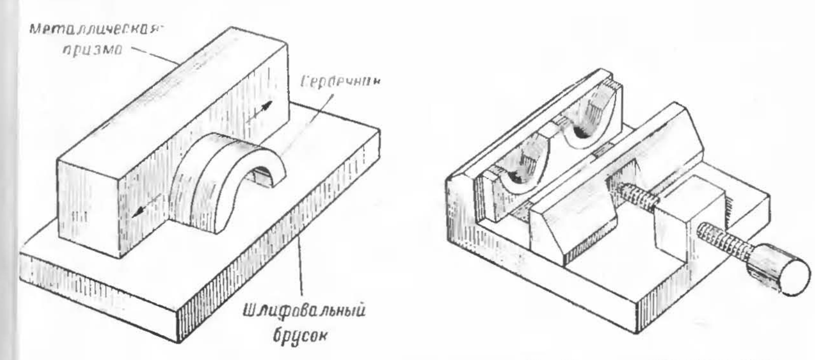


Рис. 36. Приспособления, применяемые для обработки торцовых плоскостей полусердечников.

Обработка рабочей поверхности (технологические операции 8 и 12). С помощью этих операций достигаются заданная геометрическая форма рабочей поверхности головки и так называемое вскрытие рабочего зазора. Чистота обработки рабочей поверхности не должна быть ниже 11-го класса. Получение хорошего качества рабочего зазора является наиболее важной и трудоемкой задачей при обработке.

Как и в предыдущем случае, обработка состоит из двух операций: предварительной шлифовки и окончательной полировки.

При выполнении первой операции два парных полусердечника соединяют в кольцо и укрепляют с помощью обойм, как это показано на рис. 37. При ручной шлифовке на брусок кладут металлическую призму, а полусердечники в обоймах прижимают к боковой поверхности призмы, что позволяет удерживать пакеты перпендикулярно к абразивной поверхности бруска. Вначале шлифовка производится вдоль рабочей поверхности, а затем поперек. Для хорошего выравнивания рабочей поверхности не следует сошлифовывать более 0,1 *мм*. При механизированной шлифовке полусердечники устанавливают на специальном шлифовальном станке, который работает по принципу маятника и имитирует движения при ручной шлифовке.

Обработанная рабочая поверхность должна иметь форму полуцилиндра, расположенного перпендикулярно к площадке крепления

головки. После предварительной шлифовки профиль поверхности проверяется с помощью компаратора путем сравнения с контуром шаблона при увеличении в 100 раз; одновременно контролируется размер носиков, который не должен иметь большого разброса.

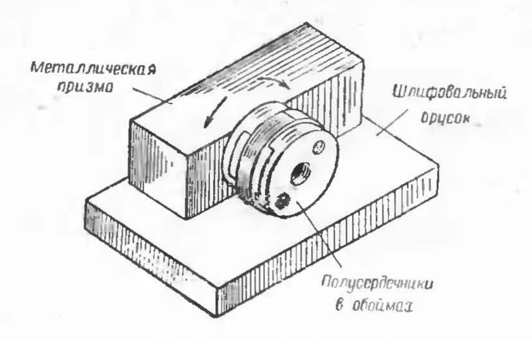


Рис. 37. Обработка рабочей поверхности головки.

Сборка магнитопровода и головки (технологические операции 10 и 11). Для сборки головки, показанной на рис. 4,*а*, применяется приспособление, устройство которого приведено на рис. 38. В этом приспособлении полусердечники с надетыми на них катушками и прокладками между торцами стягиваются и затем зажимаются между верхней и нижней обоймами с помощью двух винтов, после чего собранная головка вынимается из приспособления. При сборке головки, показанной на рис. 4,*б*, полусердечники с катушками и установленными прокладками стягиваются в аналогичном приспособлении, а затем с помощью пайки скрепляются вместе, как это изображено на рис. 5. Собранный сердечник с катушками укладывается в пластмассовый корпус и заливается компаундом, после чего подвергается искусственному старению путем соответствующей термообработки.

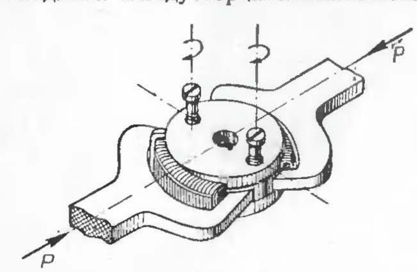


Рис. 38. Сборка головки.

Головка, показанная на рис. 4,*в*, собирается без приспособлеиия. Перед стяжкой полублоков между полусердечниками с рабочей стороны (а для головки записи и с противоположной стороны) устанавливаются прокладки, образующие зазоры.

Окончательная доводка рабочей поверхности собранной головки производится с помощью полировальных паст и приспособлений, применяемых для предварительной обработки этой поверхности.

Испытание головок

Проверка под микроскопом. При визуальном исследовании рабочей поверхности головки прокладка в рабочем зазоре, а также каждая пластина сердечника и клеевые швы между ними должны четко просматриваться.

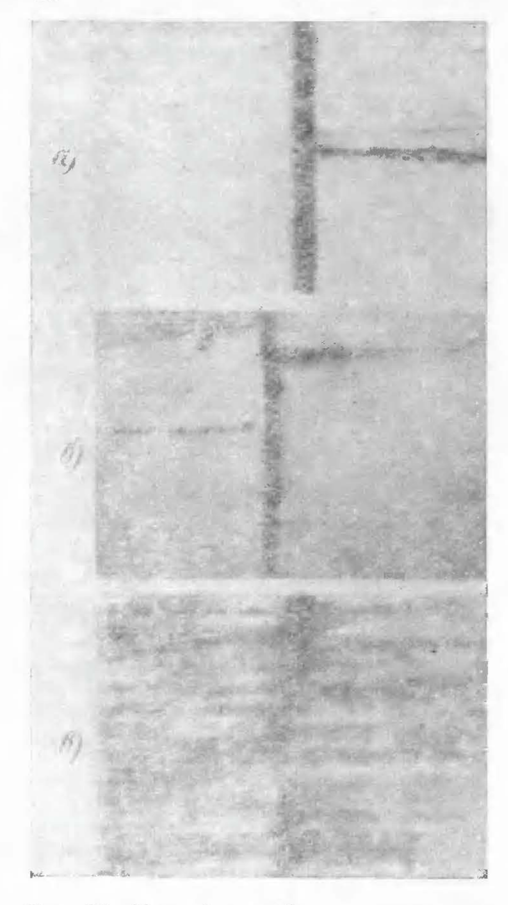


Рис. 39. Микрофотографии участков зазоров под микроскопом при увеличении в 600 раз.

Для зазоров шириной более 100 *мк* их качество определяется при увеличении в 100 раз, а для узких зазоров 5—10 *мк* — при увеличении в 600 раз. Качество зазора определяется путем сравнения с образцом. На рис. 39,*а* показан образец хорошего выполнения зазора. Края этого зазора и торцы каждой пластины вырисовы-

ваются четко, а риски от шлифовки заметны слабо. Качество зазора считается удовлетворительным в том случае, если его ширина практически одинакова по всей длине, а волнистость, конусность, овальность и другие нарушения формы незначительны. Допускается некоторое затягивание зазора в нескольких местах общей длиной не более 3% от всей длины зазора, а также искривление линии зазора у самых концов. Образец зазора удовлетворительного качества показан на рис. 39,*б*. Зазор неудовлетворительного качества изображен на рис. 39,*в*. В этом зазоре прокладка четко не просматривается, ширина ее неодинакова, края размыты, заметны значительные замыкания зазора и рваные края.

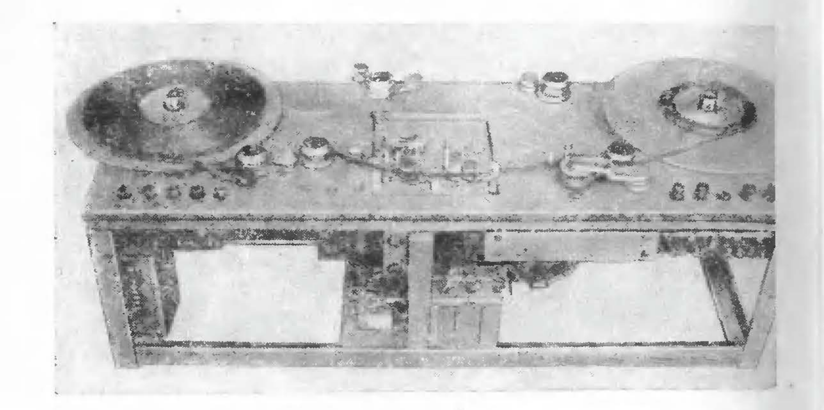


Рис. 40. Общий вид стенда для проверки головок.

Проверка на измерительном стенде. С помощью стенда измеряют основные парамегры головок: частотную характеристику, эффективную ширину рабочего зазора и его линейность, отдачу, токи записи, подмагничивания и стирания и ряд других параметров.

Общий вид стенда показан на рис. 40, а схема измерения приведена на рис. 41. Вся установка имеет вид рабочего стола, на котором размещается специальный лентопротяжный механизм, усилитель воспроизведения, комплект приборов, инструмент и вспомогательное оборудование.

При серийном производстве головок их испытания на стенде целесообразно проводить путем сравнения с контрольными головками, которые иногда называют эталонными. Параметры последних заранее измерены, поэтому перед проверкой вновь изготовленных головок с помощью эталонных головок проверяют характеристики канала записи и воспроизведения. При испытании головок воспроизведения в качестве головки записи работает эталонная головка, а при испытании головки записи работает эталонная головка воспроизведения.

Лентопротяжный механизм осуществляет равномерное движение петли или рулона магнитной ленты на стандартных скоростях: 76,2; 38,1; 19,05; 9,5 и 4,76 *см/сек*. Для установки испытуемых головок в механизме имеются специальные площадки, с помощью которых можно регулировать положение рабочего зазора относительно ленты.

По качественным показателям механизм стенда соответствует лентопротяжным механизмам профессиональных магнитофонов.

Усилитель воспроизведения имеет входное сопротивление около 0,5 *Мом* и два значения коэффициента усиления: 40 *дб* в полосе частот 30 *гц* — 20 *кгц* и 76 *дб* в полосе частот 300—500 *гц* с допуском ±1 *дб*. Большее усиление используется при измерении относительного уровня стирания.

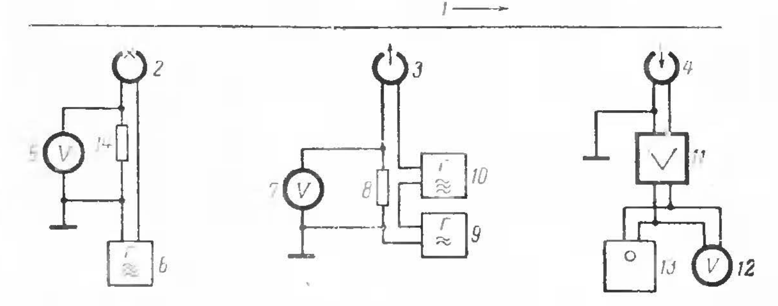


Рис. 41. Схема измерения параметров головок.

1 — магнитная лента; *2* — головка стирания; *3* — головка записи; *4* — головка воспроизведения; *5, 7, 12* — электронные вольтметры типа В3-2А; *6, 9, 10* — звуковые генераторы типа Г3-33; *8, 14* — резисторы ВС 0,5—10 *ом*±5%; *11* — усилитель воспроизведения; *13* — осциллограф типа С1-1.

В качестве генераторов токов стирания, подмагничивания и звуковой частоты используются три генератора типа Г3-33. Для измерения токов и выходного уровня применяются три электронных вольтметра типа В3-2А или аналогичных им. Определение токов записи и стирания производится по падению напряжения на резисторах с известным сопротивлением, включенных в цепи испытуемых головок.

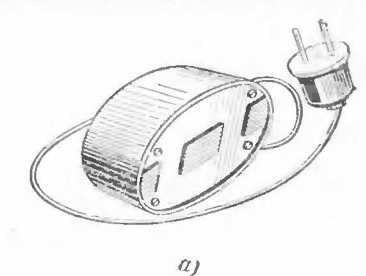
В ящиках стола стенда находятся рабочие и запасные эталонные головки, технические условия или инструкции по проверке головок, измерительные ленты (тестфильмы), рулоны типовой ленты, размагничивающий электромагнит, клей для ленты, отвертки и ножницы.

Испытуемые и эталонные головки, инструмент, а также все детали стенда, которых касается лента, необходимо перед началом измерений размагнитить. Способ размагничивания и устройство простого размагничивающего электромагнита приводятся ниже.

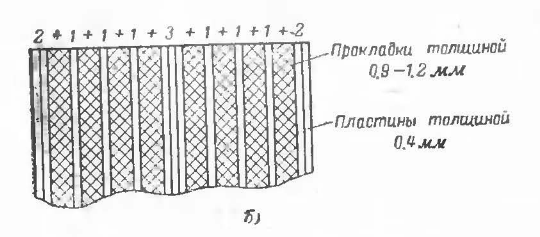
Эталонные головки

При измерении параметров головок профессионального назначения в качестве эталонных применяются специальные головки воспроизведения, записи и стирания. По конструкции эти головки подобны головке, показанной на рис. 7,*а*, и обеспечивают высокое качество рабочего зазора и стабильность его размеров в процессе эксплуатации. При записи и воспроизведении такими головками на ленте типа 6 полива № 602004 при скорости 19,05 *см/сек* отношение отдачи на частоте 15 000 *гц* к отдаче на частоте 400 *гц* составляет не менее — 3 *дб*. Высокочастотное подмагничивание выбирается

оптимальным (т. е. соответствующим максимальной отдаче ленты) для частоты 7 000 *гц*. Натяжение ленты равно 0,8—1 *н* (80—100 *г*) при угле огибания головки лентой 12—14°.



а)



б)

Рис. 42. Размагничивающий электромагнит.

а — общий вид; *б* — расположение прокладок между пластинами сердечника.

Чувствительность эталонной головки записи, т. е. ток, при котором остаточный поток равен 1 600 *пвб* на частоте 400 *гц*, при указанных выше условиях записи не превышает 1 *ма*.

При токе стирания, равном 25 *ма*, и частоте 80 *кгц* эталонная головка стирания при однократном проходе ленты типа 6 около головки ослабляет уровень записи с частотой 400 *гц* и потоком 3 200 *пвб*, выполненной в прежних условиях, не менее чем на 74 *дб*.

Основные данные эталонных головок приведены в табл. 7.

Таблица 7

Тип головки	Индуктивность обмотки, *мгн*	Сопротивление обмотки, *ом*	Число витков обмотки	Ширина рабочего зазора, *мк*	Ширина эффективного рабочего зазора, *мк*	Материал: сердечника	Материал: прокладки рабочего зазора	Отдача, *мв*	Параллельное сопротивление потерь на частоте 80 *кгц*, *ком*
Воспроизводящая	70—85	30—40	2×280	6	6—7	79НМА	Слюда	1,3—1,5	—
Записывающая	45—57	40—50	2×350	10	—	50НХС	»	—	40—60
Стирающая	1,8—2,1	9—11	2×75	150	—	50НХС	»	—	3—4

Размагничивающий электромагнит. На рис. 42,*а* приведен общий вид одной из конструкций такого электромагнита. Сердечник (рис. 42,*б*) собран из пластин Ш25, выполненных из стали Э42, между которыми вставлены гетинаксовые прокладки. Обмотка имеет две секции по 1 000 витков провода ПЭТ0,47. Для питающего напряжения 127 *в* обе секции соединяются параллельно, а для напряжения 220 *в* — последовательно.

Процесс размагничивания осуществляется следующим образом: электромагнит включают в сеть, когда он находится в некотором отдалении от размагничиваемого объекта, затем приближают к этому объекту и плавно удаляют на расстояние 1—1,5 *м*, после чего выключают. Вблизи включенного электромагнита не должны находиться предметы или приборы, которые могут испортиться от действия магнитного поля, например магнитные фонограммы, измерительные ленты, часы и др.

Электромагнит в случае необходимости можно использовать и для размагничивания магнитной ленты. Для предупреждения перегрева электромагнит через каждые 3—4 *мин* работы необходимо на 3—5 *мин* выключать.

Установка и регулировка головок

При установке новых головок необходимо следить за тем, чтобы рабочая поверхность не была перекошена относительно ленты. Рабочий зазор должен находиться в середине угла огибания головки лентой. Выполнение этого требования проверяется по следу от движущейся ленты на слегка закрашенной рабочей поверхности. Головки, помещаемые в магнитные экраны, перед установкой на лентопротяжный механизм необходимо размагнитить.

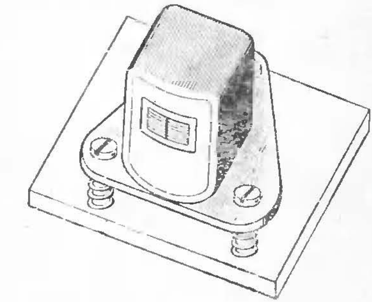


Рис. 43. Площадка для установки головки.

Обычно головки записи и воспроизведения укрепляют на площадках, наклон которых регулируется для нахождения правильного положения рабочего зазора.

На рис. 43 показана одна из таких площадок. Требуемое расположение рабочей поверхности головки по высоте относительно ленты достигается путем одновременного вращения винтов. Параллельность образующей рабочей поверхности относительно ленты достигается вращением заднего винта, а с помощью боковых винтов устанавливают угол наклона рабочего зазора.

Правильный наклон рабочего зазора (строго перпендикулярно к направлению движения ленты) у воспроизводящей или универсальной головки устанавливается с помощью измерительной ленты с индексом Ч по максимуму напряжения на выходе аппарата. Установка головки записи производится после установки головки воспроизведения путем регулировки угла ее наклона по максимальной отдаче при записи сигнала высокой частоты.

Регулировку головок следует выполнять так, чтобы после некоторого износа ее рабочей поверхности не требовалось повторной настройки. Подобная подстройка из-за образовавшегося неправильного износа рабочей поверхности не может уже исправить первоначальную ошибку. Положение правильно установленной головки рекомендуется зафиксировать краской.

Если головки имеют съемные экраны, то их установка должна производиться надежно и жестко, иначе из-за механических ви-

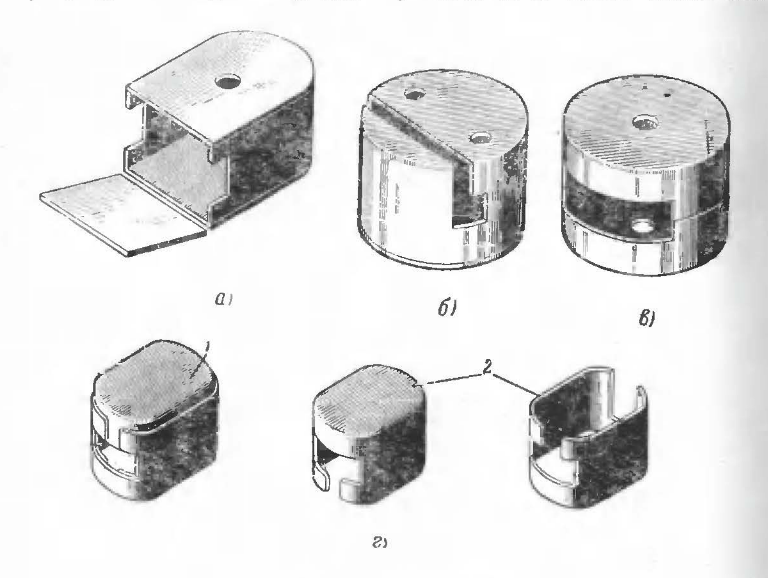


Рис. 44. Экраны головок.

а — экран с откидной крышкой; *б* — цилиндрический экран с прорезью для ленты; *в* — цилиндрический экран из двух симметричных половин; *г* — экран для малогабаритных головок (*1* — в сборе, *2* — в разобранном виде).

браций в магнитофоне или от внешних звуковых воздействий возникают помехи при записи и воспроизведении, схожие с микрофонным эффектом.

Рабочую поверхность головки необходимо оберегать от касания предметами и не допускать образования царапин и намагничивания сердечников. Намагничивание сердечника часто может возникать в процессе измерения сопротивления обмоток. Подготовленные к работе магнитные головки всегда должны быть размагниченными и иметь чистую рабочую поверхность.

Как уже упоминалось, магнитная лента является мягким абразивом, скользящим по рабочей поверхности головки с определенным давлением. Получение хорошего контакта между лентой и головкой связано с увеличением истирания головки (а также и ленты). Подобное истирание для ферритовых или альфеноловых сердечников не имеет того значения, как для пермаллоевых сердечников.

Долговечность магнитной головки характеризуется общей длиной пропущенной по ней магнитной ленты известного типа при условии постоянного давления и угла схвата.

Экраны головок

В лентопротяжном устройстве магнитофона, особенно вблизи от электродвигателей, электромагнитов и трансформаторов, возникают различной интенсивности переменные магнитные поля, проявляющиеся при прослушивании записи в виде фона. Особенно чувствительны к этим полям воспроизводящие и универсальные головки. Поэтому с целью защиты их помещают в магнитные экраны, обычно выполненные в виде колпаков из одного или нескольких слоев пермаллоя (или магнитной стали) с прорезями для ленты.

Головки записи и стирания в большинстве магнитофонов также снабжены экранами главным образом с целью предохранения электрических цепей магнитофона от собственных полей возбуждения этих головок. В этом случае достаточно однослойного экрана.

При больших скоростях ленты магнитный экран воспроизводящей или универсальной головки может быть причиной волнистости частотной характеристики в области низких частот. Если после замены головки, имеющей съемный экран, появляется увеличенная волнистость, то ее можно уменьшить путем некоторого смещения положения краев экрана относительно магнитной ленты. На рис. 44 показано несколько конструкций магнитных экранов для головок.

Глава пятая

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Воспроизводящие потокочувствительные головки

Описанные в предыдущих главах индукционные головки обычно используются для воспроизведения сигналов с частотой не ниже 20—30 *гц*. На более низких частотах отдача этих головок столь мала, что возникают серьезные затруднения с усилением и частотной коррекцией столь слабых сигналов.

Вместе с тем в ряде случаев применения магнитной записи необходимо воспроизводить сигналы с полосой частот, лежащей в области долей герца. К таким случаям, например, относится использование магнитной записи в измерительной технике для регистрации медленно изменяющихся процессов. Для записи подобных сигналов часто используется модуляционная запись, при которой сигнал предварительно преобразуется в тот или иной тип модулированных колебаний. При этом способе записи можно записывать и воспроизводить очень низкие частоты вплоть до постоянной составляющей. Однако все способы модуляционной записи существенно усложняют схему аппарата. Недостатком ее является также необходимость повышения скорости носителя записи, так как полоса частот записываемых сигналов при модуляции значительно расширяется.

В некоторых случаях для воспроизведения сигналов очень низких частот предпочитают использовать более простые устройства.

Это — так называемые потокочувствительные воспроизводящие головки. Их э. д. с. в отличие от э. д. с. индукционных головок в известных пределах не зависит от частоты записанного сигнала. Так как э. д. с. потокочувствительных головок пропорциональна не производной магнитного потока носителя записи, а его абсолютной величине, то в процессе записи-воспроизведения сигналов полностью сохраняются исходные фазовые соотношения. Это особенно важно при работе с импульсными сигналами, для которых часто нужно сохранить при воспроизведении их первоначальную форму.

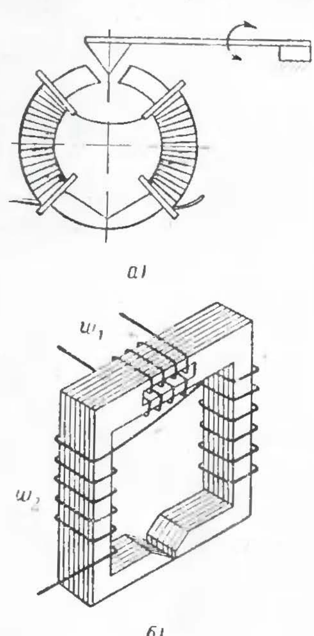


Рис. 45. Магнитомодуляционные головки.

а — головка с механической модуляцией потока; *б* — магнитомодуляционная головка с удвоением частоты.

Потокочувствительные головки могут принципиально воспроизводить любые низкие частоты, кроме постоянной составляющей. Однако практически частотный диапазон воспроизводимого сигнала ограничен снизу. Это связано с тем, что при воспроизведении сигналов, у которых длина волны записи превышает длину контакта головки с носителем, наблюдается уменьшение магнитного потока, проникающего в сердечник головки.

Частотные искажения в области больших длин волн записи можно существенно уменьшить перекосом рабочих зазоров головок записи и воспроизведения на одинаковый угол (30—60°) относительно направления движения носителя записи. Этот перекос приводит к образованию внешнего магнитного потока между краями дорожки записи, что позволяет увеличить поток в сердечнике воспроизводящей головки.

В области высоких частот характеристика потокочувствительных головок определяется потерями, которые в одинаковой степени свойственны и индукционным воспроизводящим головкам. Известно очень много разнообразных по принципу действия и конструкции потокочувствительных головок. Из этого разнообразия следует выделить так называемые магнитомодуляционные головки, получившие наибольшее распространение.

Магнитомодуляционные воспроизводящие головки с механической модуляцией магнитного потока. Принцип действия головок подобного типа основан на периодическом изменении механическим путем магнитного сопротивления сердечника. В магнитомодуляционной головке, изображенной на рис. 45,*а*, поток в сердечнике модулируется изменением магнитного сопротивления дополнительного зазора с помощью клина из

ферромагнитного материала, укрепленного на конце вибратора. Аналогичные результаты можно получить с помощью ферромагнитного ротора с четным числом зубцов, вращающегося внутри дополнительного зазора.

Магнитный поток Φ_1 в сердечнике головки изменяется с частотой f, равной частоте колебания вибратора. Этот поток создает в обмотке головки с числом витков w переменную э. д. с., равную:

$$E = 2\pi f w m \Phi_1 \cdot 10^{-8},\ \textit{в},$$

где m — коэффициент модуляции потока.

Огибающая э. д. с. соответствует форме записанного сигнала. После соответствующего усиления и амплитудного детектирования получают записанные сигналы. Головки этого типа имеют очень низкую отдачу, так как даже при тщательном выполнении коэффициент модуляции не превышает 0,05. Неудобством является также наличие механического устройства, которое должно быть очень точно выполнено и тщательно юстировано.

Магнитомодуляционная головка с удвоением частоты (рис. 45,*б*). Для головок этого типа характерным является то, что в части их сердечника наряду с магнитным полем сигнала H_c действует вспомогательное поле, так называемое поле возбуждения $H_в$. Роль поля возбуждения состоит в периодическом изменении магнитного сопротивления сердечника для магнитного потока, создаваемого полем записанного сигнала.

Рис. 46. Кривая намагничивания ферромагнитного материала и зависимость магнитной проницаемости от поля.

Поле возбуждения создается током, протекающим через обмотку возбуждения w_1, намотанную в вырезе сердечника головки. Обмотка выполнена так, что магнитный поток возбуждения замыкается в участке сердечника, охваченном этой обмоткой. Поэтому при идеальной симметрии и однородности сердечника поток возбуждения не проходит через рабочий зазор головки и не индуцирует в выходной обмотке w_2 э. д. с. с частотой тока возбуждения.

Из-за нелинейности кривой намагничивания $B = f(H)$ магнитная проницаемость участка сердечника, охваченного обмоткой возбуждения, изменяется под воздействием поля возбуждения. Чем больше напряженность поля, тем меньше магнитная проницаемость (рис. 46). Так как магнитная проницаемость зависит от абсолютной величины напряженности поля и не зависит от его знака, то за каждый период поля возбуждения проницаемость дважды меняет свою величину, как это показано на рис. 47,*а*.

Пренебрежем для простоты магнитным сопротивлением участков сердечника, на которых расположена выходная обмотка, а также шунтирующим действием рабочего зазора. Тогда для потока в сердечнике (Φ_c), создаваемого намагниченным носителем записи, получим следующее простое выражение:

$$\Phi_c = H_c S \mu,$$

где S — площадь поперечного сечения участка сердечника, возбуждаемого полем $H_в$.

Так как напряженность поля сигнала значительно меньше поля возбуждения, то магнитная проницаемость сердечника практически не зависит от напряженности поля H_c. Магнитный поток Φ_c точно так же, как магнитная проницаемость, изменяется с удвоенной частотой тока возбуждения, а амплитуда его пропорциональна намагниченности носителя записи.

В обмотке ω_2 поток Φ_c индуцирует э. д. с. с удвоенной частотой тока возбуждения:

$$E = w_2 \frac{d\Phi_c}{dt} 10^{-8} = w_2 H_c S \frac{d\mu}{dt} 10^{-8}.$$

Форма этой э. д. с. показана на рис. 47,*б* для постоянной намагниченности носителя записи.

Применение магнитомодуляционных головок осложняется тем, что из-за неизбежной неоднородности магнитных свойств сердечника и его геометрической асимметрии часть потока возбуждения проникает в основной сердечник головки. Величина этого потока обычно столь мала, что в рабочем зазоре не создается напряженности поля, достаточной для того, чтобы стереть или испортить запись сигналов на носителе. Вместе с тем, даже при ничтожной неоднородности сердечника головки в обмотке w_2 индуцируется паразитная э. д. с., амплитуда которой может в несколько раз превышать полезный сигнал. В общем случае эта паразитная э. д. с. содержит четные гармоники, если они содержались в сигнале возбуждения.

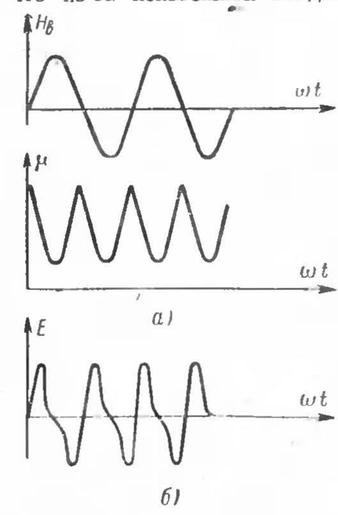


Рис. 47. Изменение магнитной проницаемости при синусоидальном поле возбуждения (*а*) и форма выходного напряжения магнитомодуляционной головки при постоянном намагничивании носителя записи (*б*).

Для уменьшения паразитной э. д. с. содержание второй гармоники в сигнале возбуждения должно быть ничтожно малым. Обычно это достигается включением в цепь возбуждения режекторного фильтра, настроенного на вторую гармонику, или низкочастотного фильтра. Выходная обмотка нагружается на полосовой фильтр, выделяющий из общего сигнала вторую гармонику и ее боковые частоты.

Следует заметить, что выходная э. д. с., кроме второй гармоники, содержит и более высокие четные гармоники. Амплитуда каждой четной гармоники, включая вторую, достигает наибольшего значения при определенном, так называемом оптимальном, токе возбуждения. Чем выше номер гармоники, тем больший ток возбуждения необходим для создания оптимального

режима (рис. 48,*а*). Амплитуда четных гармоник линейно зависит от потока и соответственно поля сигнала H_c (рис. 48,*б*). Изменение полярности потока не влияет на амплитуду э. д. с. сигнала, а меняет лишь его фазу. Поэтому детектирование сигналов на выходе головки должно осуществляться фазочувствительным детектором.

В тех случаях, когда записанный сигнал не содержит постоянную составляющую или можно допустить низкое отношение сигнал/шум, можно использовать обычный амплитудный детектор. При этом необходимо создать в головке такое начальное постоянное смещение, при котором все изменения намагниченности соответст-

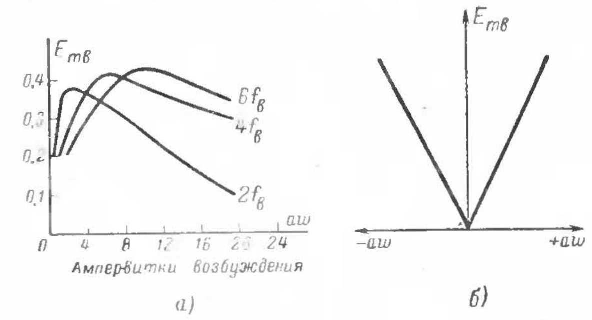


Рис. 48. Характеристики магнитомодуляционной головки.

а — зависимость выходной э. д. с. четных гармоник от тока возбуждения; *б* — амплитудная характеристика.

вовали бы одной ветви амплитудной характеристики. Начальное смещение подается в выходную обмотку от источника постоянного тока.

М а г н и т о м о д у л я ц и о н н а я г о л о в к а с и м п у л ь с н ы м в ы х о д о м. Головка с импульсным выходом конструктивно выполняется точно так же, как предыдущая головка. Различие между ними состоит лишь в выборе значения тока, питающего обмотку возбуждения.

Головка с импульсным выходом возбуждается током, достаточным для того, чтобы участок сердечника, охваченный обмоткой возбуждения, подавляющую часть каждого периода находился в состоянии магнитного насыщения. Тогда в течение каждого периода магнитный поток в сердечнике возбуждения за весьма малый промежуток времени изменяется 2 раза: один раз от $+\Phi$ до $-\Phi$ и второй раз — от $-\Phi$ до $+\Phi$. Таким образом, магнитная проницаемость этого участка сердечника за тот же промежуток времени дважды за период изменяется от минимального значения (при магнитном насыщении) до максимального. Магнитный поток, создаваемый полем сигнала, индуцирует в выходной обмотке импульсную э. д. с.

В головке, обладающей идеальной геометрической симметрией и магнитной однородностью сердечника, выходное напряжение в отсутствие записанного сигнала равно нулю. Практически такие условия создать крайне сложно, поэтому при отсутствии потока от сигнала в выходной обмотке индуцируются знакопеременные импуль-

сы одинаковой амплитуды. При воспроизведении сигнала выходное напряжение также имеет вид знакопеременных импульсов, у которых преобладание амплитуды той или иной полярности соответствует знаку сигнала.

В отличие от головок с удвоением частоты головки с импульсным выходом могут питаться от любого генератора. При этом допустимы значительные искажения формы тока возбуждения. Однако мощность источника возбуждения должна быть значительно большей, чем для головок с удвоением частоты.

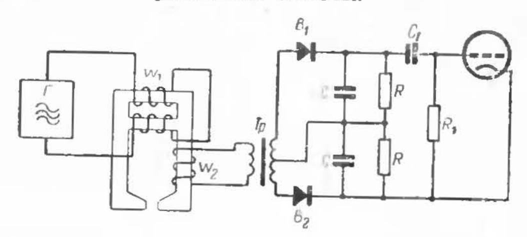


Рис. 49. Схема включения магнитомодуляционной головки с импульсным выходом.

Схема включения воспроизводящей головки с импульсным выходом приведена на рис. 49. Обмотка возбуждения головки w_1 связана непосредственно (без фильтрующих элементов) с генератором возбуждения. Выходная обмотка w_2 нагружена на повышающий трансформатор *Тр*. Вентили B_1 и B_2 пропускают соответственно положительную и отрицательную полуволны напряжения.

Постоянная времени контура *RC* выпрямителя значительно превышает период тока возбуждения, поэтому напряжения u_1 и u_2 на этих контурах пропорциональны амплитудным значениям напряжения на выходе головки. Результирующее напряжение на выходе выпрямителя пропорционально разности амлитуд положительных и отрицательных импульсов напряжения на выходе головки. При отсутствии сигнала с носителя записи $u_1=u_2$ и $u=0$.

Схема выпрямителя является фазочувствительной, т. е. полярность результирующего напряжения u зависит от полярности намагничивания носителя записи. Вследствие этого отпадает необходимость применения специальных фазочувствительных детекторов или начального смещения. Дальнейшее усиление осуществляется обычным электронным усилителем с полосой пропускания, соответствующей записанному сигналу.

М а г н и т о м о д у л я ц и о н н а я г о л о в к а с м а г н и т н ы м у с и л е н и е м отличается от ранее описанных магнитомодуляционных головок значительно большей чувствительностью. При воспроизведении одиночных импульсов амплитуда сигнала на выходе головки достигает 3 *в*, что почти в 1 000 раз больше, чем у ранее описанных магнитомодуляционных головок.

Устройство головки показано на рис. 50. Она состоит из двух обычных пермаллоевых полусердечников, на тыльные части которых наложен тонкий тороид из феррита. На тороиде намотаны две обмотки w_1 и w_2, соединенные так, что совместно с конденсаторами C_1, C_2 и резистором $R_б$ образуется схема электрического моста.

Магнитомодуляционная головка этого типа представляет собой

однотактный магнитный усилитель с положительной обратной связью. Управляющий магнитный поток в нем создается не управляющей обмоткой, как в обычных магнитных усилителях, а потоком Φ_c, проникающим в сердечник от намагниченного носителя записи.

Обмотки w_1 и w_2, питающиеся от генератора возбуждения, создают в тороиде магнитный поток возбуждения ($\Phi_в$). При отсутствии сигнала, записанного на носителе, мостовая схема баланс-

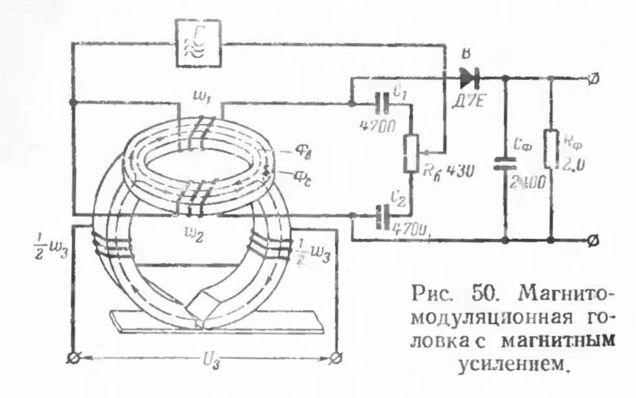


Рис. 50. Магнитомодуляционная головка с магнитным усилением.

сируется так, чтобы амплитуда напряжения основной частоты возбуждения и ее второй гармоники на выходе головки была минимальной.

В одной части тороида магнитный поток от намагниченного носителя складывается с потоком возбуждения, а в другой — вычитается. Режим возбуждения выбирается так, чтобы тороид находился в состоянии, близком к магнитному насыщению. В результате сложения потоков $\Phi_c \pm \Phi_в$ та часть тороида, в которой направление потоков в данный момент совпадает, насыщается несколько раньше. В следующий момент это явление наблюдается во второй части тороида. Таким образом, в обоих половинах тороида появляются несимметричные нелинейные искажения магнитного потока, а в плечах электрического моста возникает напряжение четных гармоник, фаза которых в разных плечах сдвинута на 180°. Разностный магнитный поток четных гармоник замыкается через основной магнитопровод головки, а наведенная им в обмотках w_1 и w_2 э. д. с. составляет полезную часть выходного напряжения головки. Это напряжение детектируется диодом *В* и фильтруется.

При идеальной балансировке моста амплитуда и фаза четных гармоник на выходе головки пропорциональны абсолютной величине воспроизводимого сигнала. Это соответствует сложной амплитудно-фазовой модуляции без несущей. Для детектирования такого сигнала необходимо восстановить несущую, что легко достигается небольшим разбалансом моста, обеспечивающим появление четных гармоник при отсутствии сигнала.

В плечи электрического моста включены конденсаторы C_1 и C_2, которые вместе с обмотками w_1 и w_2 образуют последовательный контур, настроенный на частоту тока возбуждения. Такое включение резко уменьшает полное сопротивление моста, что дает воз-

можность в сочетании со специальной характеристикой цепи возбуждения приблизиться к режиму постоянства питающих токов, необходимому для нормальной работы магнитных усилителей.

Головка питается током возбуждения от трансформатора с высоким реактивным выходным сопротивлением. Трансформатор, намотанный на разомкнутом сердечнике, обладает нагрузочной характеристикой с круто падающим участком, соответствующим режиму постоянства питающих токов.

Внутренняя положительная обратная связь достигается реакцией тока диода *В* на магнитную цепь головки.

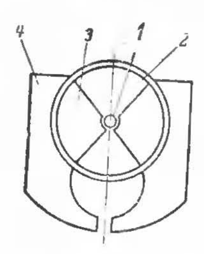


Рис. 51. Схема устройства головки с электроннолучевой трубкой.
1 — электронный луч; *2* — стеклянная колба; *3* — внутренние полюсные наконечники; *4* — сердечник головки.

Резонансная настройка электрического моста вместе со специальной характеристикой цепи возбуждения дает возможность значительно увеличить чувствительность головки. Эта головка может также использоваться в качестве записывающей, для чего на его сердечнике предусмотрена обмотка w_3 для записи.

Ниже приводятся основные конструктивные и электрические данные магнитомодуляционной головки, не указанные на рисунке. В качестве основного магнитопровода применены два полусердечника обычной тороидальной индукционной головки, обрезанные с тыльной стороны на $^2/_3$ их высоты. Модулятором служит ферритовый кольцевой сердечник марки 2000П с наружным диаметром 21 *мм*, внутренним диаметром 11 *мм* и высотой 0,5 *мм*. Обмотки возбуждения w_1 и w_2 имеют по 800 витков провода ПЭЛ 0,1. Обмотка записи w_3 имеет 2×250 витков провода ПЭЛ 0, 01. Рабочий зазор равен 15 *мк*. Частота тока возбуждения равна 13,9 *кгц*; напряжение возбуждения равно 22,3 *в*.

Существует ряд головок, в которых используются различные датчики — преобразователи изменений магнитного потока.

Г о л о в к а с д а т ч и к о м, о с н о в а н н ы м н а э ф ф е к т е Ф а р а д е я. Эффект Фарадея состоит в том, что некоторые оптически однородные материалы меняют положение плоскости поляризации под влиянием внешнего магнитного поля. Датчик помещается в дополнительном зазоре головки и через отверстие в сердечнике просвечивается поляризованным пучком света, направление которого совпадает с направлением магнитного поля в зазоре. Интенсивность пучка света, прошедшего датчик, зависит от напряженности поля в дополнительном зазоре, которая в свою очередь определяется записанным сигналом. Для преобразования световой энергии в электрическую используется фотоэлемент или фотоумножитель.

Г о л о в к а с э л е к т р о н н о л у ч е в о й т р у б к о й (рис. 51) основана на известном явлении отклонения электронного луча в магнитном поле. Головка состоит из сердечника, в дополнительном зазоре которого помещена миниатюрная электроннолучевая трубка. Кроме обычных элементов, характерных для электроннолучевых трубок, в ней предусмотрены два внутренних полюсных наконечника и два анода. Трубка размещается в дополнительном зазоре так, что внутренние наконечники являются как бы продол-

жением сердечника головки, а дополнительным зазором становится фактически промежуток между ними.

Если магнитный поток в сердечнике головки отсутствует, то ток электронного луча поровну делится между двумя анодами и напряжение между точками *А* и *Б* (рис. 52) равно нулю. Появление магнитного потока в сердечнике головки вызывает отклонение электронного луча на величину, пропорциональную величине магнитного потока. Пропорционально этому отклонению ток электронного луча распределяется между анодами, вследствие чего между точками *А* и *Б* появляется напряжение. Головка с электроннолучевой трубкой имеет линейную амплитудную характеристику в значительном диапазоне изменений магнитного потока и обладает большой отдачей, достигающей 0,6 *в*. Отношение сигнал/шум сквозного канала составляет около 40 *дб* в диапазоне частот до 10 000 *гц*.

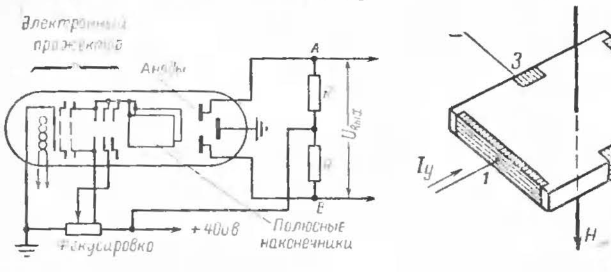


Рис. 52. Схема включения головки с электроннолучевой трубкой.

Рис. 53. Датчик э. д. с. Холла.

П о т о к о ч у в с т в и т е л ь н ы е п о л у п р о в о д н и к о в ы е м а г н и т н ы е г о л о в к и. В связи с успехами, достигнутыми в разработке новых полупроводниковых материалов, в настоящее время получают распространение головки с датчиками, основанными на гальваномагнитных явлениях в полупроводниках.

Наибольшее применение получили головки с датчиками, основанными на гальваномагнитном эффекте Холла. Датчик Холла представляет собой проводящую пластину с несколькими электродами (рис. 53). Если через электроды *1* и *2* течет ток $I_у$, называемый управляющим, то под действием магнитного поля *Н* между пластинами *3* и *4* возникнет э. д. с., пропорциональная напряженности поля и управляющему току. Электродвижущая сила Холла F_X определяется из следующего выражения:

$$E_X = R\frac{I_у H}{a},$$

где *a* — толщина пластины; *R* — постоянная Холла.

Наибольшим эффектом Холла обладают полупроводниковые материалы. В качестве их могут использоваться германий, кремний и различные соединения, например сурьмянистый индий или мышьяковистый индий. Из известных материалов наибольшей чувствительностью обладает датчик из сурьмянистого индия, недостатком которого является сравнительно большая зависимость постоян-

ной Холла от температуры (примерно 2% на 1° С). Отдача головок с таким датчиком составляет примерно 0,8 *мв*. Головка с датчиками из соединения мышьяковистого индия имеет в 3—3,5 раза меньшую отдачу, но она в меньшей степени зависит от температуры (0,1% на 1° С).

Датчики Холла в головках могут помещаться в дополнительном или рабочем зазорах (рис. 54). Конструктивно наиболее просто выполняется головка с датчиком Холла в дополнительном зазоре. В этом случае через датчик проходит только часть магнитного потока от носителя записи из-за рассеяния и ответвления через рабочий зазор. Поэтому по чувствительности такая головка уступает головке с датчиком Холла, помещенным в рабочем зазоре. В то же время головка с датчиком Холла в дополнительном зазоре может быть выполнена с более высокой разрешающей способностью, так как ее рабочий зазор определяется только толщиной немагнитной прокладки. Во второй конструкции рабочий зазор определяется толщиной датчика Холла, который изготовить очень тонким довольно трудно.

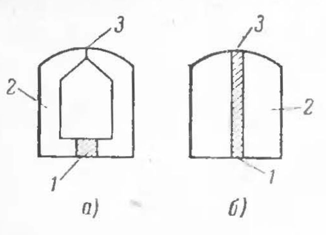


Рис. 54. Конструкции головок Холла.

а — с датчиком Холла с дополнительном зазоре; *б* — с датчиком Холла в рабочем зазоре; *1* — датчик Холла; *2* — сердечник; *3* — рабочий зазор.

Наилучшим материалом сердечника для головок Холла является феррит. При ферритовом сердечнике отпадает необходимость электрической изоляции контактов датчика от сердечника, поскольку феррит имеет весьма высокое удельное электрическое сопротивление. В головках с металлическими сердечниками датчик Холла и его контакты изолируются от сердечника тонкой прокладкой.

Однако ферритовые сердечники, как известно, обладают неудовлетворительными механическими свойствами, затрудняющими изготовление головок с хорошим качеством рабочего зазора. Частотная характеристика головок Холла в области высоких частот зависит от тех же факторов, которые определяют характеристику индукционной воспроизводящей головки. Характеристика э. д. с. Холла самого датчика практически частотно независима до нескольких мегагерц. Наибольший интерес представляет использование головки Холла для воспроизведения низких частот.

Кроме эффекта Холла, в потокочувствительных головках могут использоваться и другие явления, возникающие в полупроводниковых материалах под действием магнитного потока. Так, существуют потокочувствительные головки с датчиком, основанным на фотомагнитоэлектрическом эффекте. Сущность его, вкратце, состоит в следующем. Если одну из граней параллелепипеда (рис. 55) осветить пучком света, то бомбардировка фотонов вызовет образование пар дырка — электрон, которые будут диффундировать к противоположной грани параллелепипеда. Магнитное поле, приложенное так, как это показано на рисунке, вызывает появление механической силы, действующей на движущиеся дырки и электроны, в направлении оси параллелепипеда. Действие этой силы приводит к разделению зарядов, в результате чего на торцах параллелепипеда появляется разность потенциалов. Это напряжение в определенных пределах прямо пропорционально произведению напряженности магнитного поля на интенсивность освещения.

Найдено, что головка с таким датчиком дает лучшие результаты, нежели головка Холла. Головка с датчиком, изготовленным из германия, имеет отдачу до 2 *мв* (от пика до пика).

Головка с датчиком, основанным на другом гальваномагнитном явлении — изменении электрического сопротивления полупроводника в магнитном поле, по конструкции аналогична головке Холла. Отличие состоит лишь в том, что датчик имеет всего два вывода вместо четырех. По чувствительности эта головка значительно уступает головке Холла.



Рис. 55. К объяснению фото-магнитоэлектрического эффекта.

Вращающиеся головки

Вращающиеся головки нашли применение в различных областях техники. Они служат для многократного периодического воспроизведения записи с небольшого участка магнитной ленты. Такая необходимость возникает при исследованиях быстропротекающих процессов или выделении из продолжительно длящегося процесса наиболее характерных участков. В частности, вращающиеся головки оказываются удобными при фонетических исследованиях для выделения из речи изучаемых звуков. С помощью вращающихся головок достигается эффект изменения временного масштаба воспроизводимого звукового сигнала без изменения его тональности. Такие головки удобны для диктофонов. В последние годы вращающиеся блоки головок нашли широкое применение в видеомагнитофонах.

Простейшая вращающаяся головка (рис. 56,*а*), которая часто используется для исследовательских целей, состоит из диска, на боковой поверхности которого укреплена магнитная головка. Охват диска лентой составляет, как правило, не более 180°. Длина сканируемого участка носителя записи может регулироваться изменением угла охвата. Частота сканирования

$$F = \frac{n}{60}$$

может быть увеличена не только изменением числа оборотов, но и установкой на диске нескольких магнитных головок.

Для синхронизации развертки осциллографа с началом сканируемого участка применяется простейший импульсный датчик. Он состоит из маленького постоянного магнита, укрепленного на диске, и неподвижной магнитной головки, в обмотке которой возбуждается импульсное напряжение всякий раз, когда около нее перемещается магнит.

Соединение вращающейся головки со входом усилителя осуществляется через токосъемное устройство, которое может быть контактным и бесконтактным. В контактном токосъемнике используются медные кольца и угольные щетки или серебряные кольца и серебряно-графитовые щетки. Последняя контактная пара более

предпочтительна, так как создает меньший уровень собственных помех.

Бесконтактное токосъемное устройство представляет собой вращающийся трансформатор, первичная обмотка которого вместе с частью сердечника прикреплена к вращающемуся диску, а вторичная обмотка с другой частью сердечника закреплена неподвижно. В качестве вращающегося трансформатора может быть использован ферритовый сердечник типа ОБ, между половинами которого должен быть оставлен небольшой воздушный зазор.

Если одновременно с вращением головки перемещать и ленту, то можно подобрать

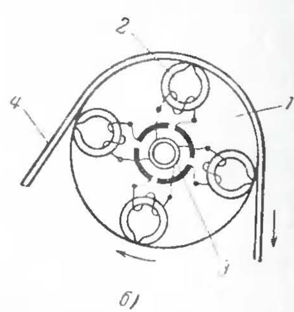


Рис. 56. Вращающиеся магнитные головки.

а — для воспроизведения участка носителя записи; *б* — для замедления временного масштаба; *1* — диск; *2* — головка; *3* — токосъемник; *4* — носитель записи.

сумму обеих скоростей так, что относительная скорость движения между головкой и лентой будет равна скорости записи. В случае звукозаписи это позволяет существенно замедлять скорость движения ленты, сохраняя нормальную тональность воспроизводимого сигнала.

На рис. 56,*б* схематически показана конструкция вращающегося блока головок. На общем основании укреплены четыре головки, обмотки которых подведены к контактному токосъемнику. Одно кольцо токосъемника является общим для всех головок, а ко второму, состоящему из четырех ламелей, присоединены вторые выводы обмоток головок. Токосъемное устройство ориентировано в пространстве так, что головка подключается ко входу усилителя в тот момент, когда ее рабочий зазор находится в контакте с лентой. Каждая головка воспроизводит маленький участок записи, иногда с некоторым перекрытием. Так как эти участки малы, то ухо воспринимает непрерывное звучание без существенного ухудшения разборчивости воспроизводимой речи.

Из-за малой длины воспроизводимых каждой головкой участков записи безразлично, совпадает ли направление относительного движения вращающейся головки с направлением скорости во время записи или противоположно ей. Однако более предпочтительно,

когда вращение головки совпадает с направлением движения ленты и каждый участок прочитывается в обратном (по отношению к записи) направлении.

Вращающиеся блоки головок используются также для увеличения относительной скорости головка-лента. На рис. 57 схематически показано устройство, позволяющее повысить относительную скорость в 2 раза. Устройство содержит вращающийся диск с двумя магнитными головками, смещенными в направлении ширины ленты. Линейная скорость ленты равна окружной скорости диска. Если угол охвата диска лентой равен 180°, то расположение дорожек записи на ленте имеет вид, показанный на том же рисунке. Были попытки использовать такие устройства для видеозаписи с небольшой полосой частот.

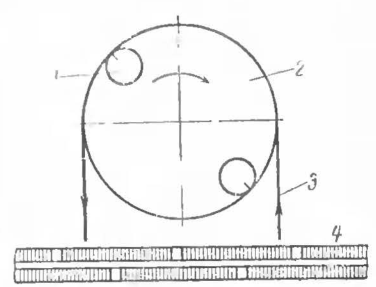


Рис. 57. Продольно-строчная запись с вращающимися головками.

1 — головка; *2* — диск; *3* — магнитная лента; *4* — расположение магнитных дорожек на ленте.

В настоящее время для видеозаписи нашли применение три типа вращающихся блоков головок. Устройство с одной вращающейся головкой состоит из гладкого направляющего барабана *1*, разделенного на две части (рис. 58 *а*). Между ними вращается диск *2* с магнитной головкой *3* (рис. 58,*б*), полюсный наконечник которой для создания необходимого контакта с лентой выступает за поверхность направляющего барабана. Лента лежит на барабане так, что образует один полный виток спирали.

При одновременном вращении диска с головкой и продольном движении ленты на нее наносятся наклонные строчки записи. На

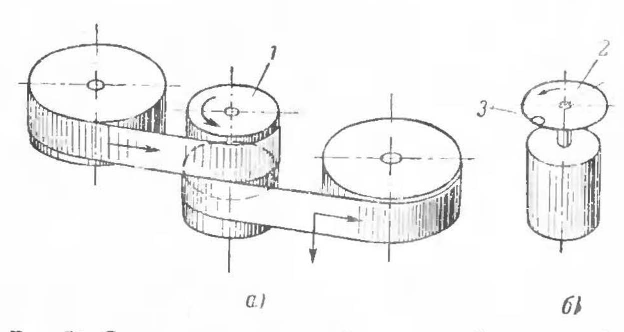


Рис. 58. Строчная запись одной вращающейся головкой.

каждой строчке зафиксирован один полукадр телевизионного изображения. Скорость вращения диска равна 3 000 *об/сек*. Фаза вращения выбирается так, чтобы момент пересечения головкой стыка краев ленты совпадал с записью (воспроизведением) кадро-

вого гасящего импульса. В этом случае сигнал, несущий информацию об изображении, не прерывается; что касается пропавшей части кадрового синхроимпульса, то она восстанавливается во время воспроизведения.

Устройство с вращающимся блоком, содержащим две головки (рис. 59,*б*), точно так же имеет направляющий барабан *1*, разделенный на две части, между которыми вращается диск *2* с двумя

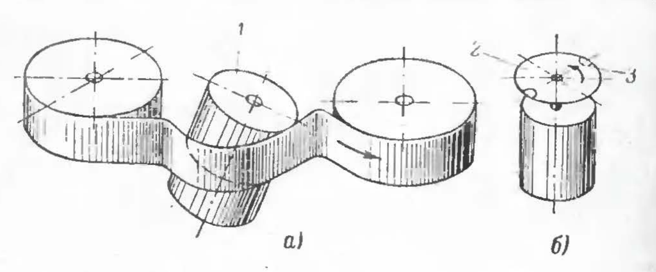


Рис. 59. Строчная запись двумя вращающимися головками.

головками *3*. Строчки записи располагаются на ленте, как и в предыдущем устройстве с одной вращающейся головкой. Для записи на каждой строчке одного полукадра телевизионного изображения необходимо вращать диск со скоростью 1 500 *об/сек*.

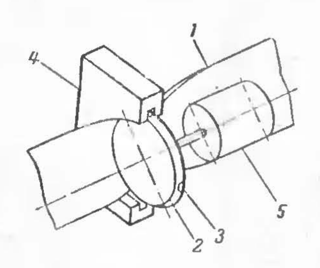


Рис. 60. Строчная запись четырьмя вращающимися головками.

1 — магнитная лента; *2* — диск; *3* — головка; *4* — направляющая вакуумная камера; *5* — электродвигатель.

Достоинство устройства с двумя головками состоит в том, что благодаря записи с перекрытием сигнал при воспроизведении не прерывается. Оба эти устройства с вращающимися блоками головок используются в полупрофессиональных видеомагнитофонах.

В высококачественных видеомагнитофонах для телевизионных студий используется вращающийся блок с четырьмя головками. Плоскость вращения диска с головками расположена перпендикулярно к поверхности ленты (рис. 60). В месте соприкосновения головок с лентой последняя изгибается при помощи направляющей, на которой она удерживается вакуумным присосом, выполненным в виде двух щелей, через которые откачивается воздух. Выступающие за поверхность диска полюсные наконечники магнитных головок вдавливают ленту в выточку на направляющей. Этим достигается надежный контакт ленты с головками в течение всего срока их службы. Центральный угол дуги изгиба ленты равен приблизительно 110°, головки же на диске смещены относительно друг друга точно на угол 90°. Поэтому сигнал на смежных строчках записывается с перекрытием, что позволяет полностью восстановить его во время воспроизведения.

Головки для записи и воспроизведения видеосигналов

В профессиональных видеомагнитофонах верхняя граница полосы частот записываемого сигнала простирается до 8—9 *Мгц*. При записи столь высоких частот большую роль играет ширина рабочего зазора, определяющая разрешающую способность головок.

Из соображений надежности минимальная длина волны записи в видеомагнитофонах выбирается от 4 до 5 *мк*. Для работы на таких длинах волн необходимы головки, имеющие ширину рабочего зазора 2,5—3 *мк*.

Вторым важным параметром являются частотно-зависимые потери в головках. В области звуковых частот эти потери не превышают обычно 3—4 *дб*, составляя небольшую часть общих потерь, связанных с процессом записи — воспроизведения. На видеочастотах, напротив, потери значительно возрастают, существенно искажая частотную характеристику. Преобладающую часть этих потерь составляют потери в сердечнике головки.

Под действием быстропеременного магнитного поля в сердечнике возникают потери на вихревые токи и потери на перемагничивание (гистерезисные потери). Так как величина этих потерь пропорциональна объему материала, то сердечники головок для записи и воспроизведения сигналов высоких частот и, в частности, для видеозаписи стремятся выполнить возможно меньшими. В воспроизводящей головке гистерезисные потери составляют незначительную часть, так как индукция в ее сердечнике мала. Эти потери относительно невелики и в сердечнике записывающей головки, выполненной из магнитно-мягкого сплава, несмотря на то, что индукция в нем достигает больших величин.

Основное влияние на свойства магнитных головок оказывают вихревые токи. Помимо потерь энергии, вихревым токам сопутствует так называемый поверхностный эффект, о котором уже упоминалось в гл. 1. Поверхностный эффект вызывает уменьшение эффективного сечения сердечника, в результате чего с повышением частот уменьшается действующая магнитная проницаемость материала сердечника.

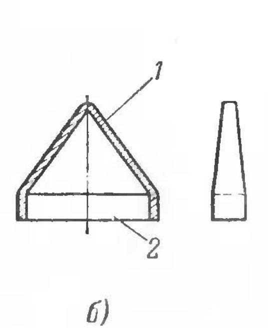
Вихревые токи в проводах обмотки головки приводят к возрастанию ее активного сопротивления, что также вызывает увеличение потерь. Потери на вихревые токи могут возникать и в металлической арматуре, используемой для крепления сердечника головки, если она расположена вблизи сердечника или обмотки и в местах, где имеются большие потоки рассеяния.

Из соображения уменьшения потерь на вихревые токи сердечники головок для видеозаписи изготавливают из феррита. Чтобы предотвратить выкрашивание ребер сердечника около рабочего зазора, на сердечник надевают полюсные наконечники из металлического износостойкого магнитного сплава. Из-за малого объема полюсных наконечников потери энергии в них невелики. На рис. 61 даны примеры конструкции подобных комбинированных сердечников. В первом из них (рис. 61,*а*) полюсные наконечники изготовлены в виде накладок *1*, расположенных в торцевой части ферритового сердечника *2*. Сердечник этой конструкции может быть выполнен для любой ширины дорожки записи. Это же позволяет делать и вторая конструкция (рис. 61,*б*), в которой полюсные наконечники в виде тонких полосок магнитного сплава примыкают к торцам прямоугольного ферритового сердечника, на котором располагается

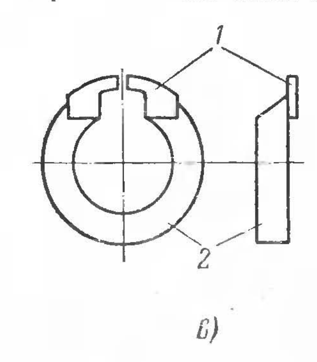
обмотка головки. В третьем типе сердечника (рис. 61,*в*) полюсные наконечники выполнены в виде боковой накладки. Эту конструкцию целесообразно использовать для записи только при очень узких дорожках (не более 0,25—0,3 *мм*). Последний тип сердечника удобен тем, что полюсные наконечники могут быть сделаны съемными и легко заменяемыми при износе.

Резонансные свойства обмотки головок оказывают отрицательное влияние на частотную характеристику магнитной записи на видеочастотах. Собственная емкость обмотки головки с индуктивностью 20—25 *мкгн* обычно не превышает 2—2,5 *пф* и резонансная частота лежит далеко за пределами рабочей полосы частот. Однако

а)



б)



в)

Рис. 61. Сердечник магнитных видеоголовок.
1 — полюсные наконечники; *2* — ферритовый сердечник.

при включении головки в схему резонансная частота понижается из-за входной емкости усилителя и подводящих проводов. Поэтому входные устройства видеомагнитофона стремятся выполнить с наименьшей собственной емкостью. Кроме того, для повышения резонансной частоты прибегают к уменьшению индуктивности обмотки головки, хотя это и снижает чувствительность головки.

Головки для бесконтактной записи

Бесконтактная магнитная запись, т. е. запись без механического контакта между носителем записи и головками, используется в тех случаях, когда необходимо обеспечить большую продолжительность работы устройства без замены головок или носителя записи. Бесконтактная запись находит применение в таких устройствах, как телефонные ответчики, магнитные ревербераторы, в некоторых регистрирующих приборах с большой длительностью действия. Однако наибольшее развитие бесконтактная запись получила в так называемых «устройствах памяти» для записи импульсных сигналов. В качестве носителей записи в них преимущественно используются магнитные барабаны или диски, вращающиеся с относительно большой скоростью. Помимо устранения износа головок и носителя, промежуток между ними необходим и по другим соображениям. Барабаны и диски даже при очень точном изготовлении имеют эксцентриситет 5—10 *мк*. Поэтому надежный механический контакт между головкой и поверхностью диска или барабана можно создать только в отдельных точках, а в остальной части поверхности носителя между ними появится промежуток. Кроме того, необходимо учитывать линейное расширение деталей устройства при изменении температуры, которое может привести к заклиниванию барабана или диска относительно жестко закрепленной головки. Не спасает в этом случае и мягкая подвеска головки, так как при высокой скорости вращения диска или барабана головка, имеющая относительно большую массу, не в состоянии точно следовать за изменениями размеров носителя.

Практически промежуток между головкой и поверхностью носителя записи с учетом эксцентриситета вращения и теплового расширения выбирается от 20 до 30 *мк*. Этот зазор вызывает дополнительные потери при записи и воспроизведении. При увеличении зазора уменьшается напряженность поля записываемого сигнала. Поэтому для получения необходимой намагниченности носителя записи в записывающую головку необходимо подавать бо́льшую электрическую мощность, чем при контактной записи. Крутизна спада поля над рабочим зазором при этом уменьшается, а протяженность его по обе стороны от рабочего зазора увеличивается. В связи с этим ухудшается частотная характеристика записи, а при импульсных сигналах уменьшается максимально возможная плотность записи, т. е. число импульсов, записанных на единице длины носителя записи.

Записывающая головка для бесконтактной записи должна создавать сильно локализованное поле, для чего предлагается ее выполнять с остроконечными полюсными наконечниками, которые по сравнению с плоскими наконечниками обеспечивают лучшую локальность поля.

Форма полюсных наконечников воспроизводящих головок почти не влияет на их разрешающую способность. Ширина рабочего зазора у записывающих и воспроизводящих головок при бесконтактной записи не влияет так на частотную характеристику и плотность записи, как при контактной записи. Уменьшение рабочего зазора незначительно улучшает частотную характеристику, но одновременно заметно снижает отдачу. Поэтому при зазорах 20—30 *мк* между головкой и носителем записи рабочие зазоры в головках выбираются не менее 20 *мк*.

В тех случаях, когда необходимо резко расширить полосу частот или увеличить плотность записи при бесконтактной записи, единственное, что можно сделать, это уменьшить зазор между головкой и носителем. С этой целью предложены устройства, автоматически поддерживающие постоянный и очень малый зазор. Среди них наиболее интересны так называемые «плавающие» головки. Одна из конструкций основывается на известном в физике эффекте Бернулли.

Магнитная головка *1* укреплена в центре маленького полого диска *2* (рис. 62), через который продувается воздух. Выходя

через отверстие в нижней части диска, воздух проходит через сильно суженное пространство, образованное диском и поверхностью носителя 3. Согласно уравнению Бернулли в суженном сечении возникает разряжение, в результате чего диск с головкой притягивается к носителю. Если расстояние между ними становится настолько мало́, что не удается продувать через это сечение достаточное количество воздуха, то диск с головкой отталкивается.

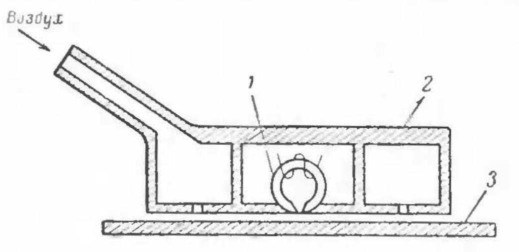


Рис. 62. «Плавающая» магнитная головка.
1 — магнитная головка; *2* — полая шайба; *3* — носитель записи.

Можно подобрать такие условия, что положение диска с головкой стабильно установится относительно носителя записи на расстоянии 6—8 *мк*. Головка при этом как бы «плавает» на образующейся воздушной подушке.

В другой разновидности «плавающей» головки небольшое расстояние между ней и носителем поддерживается постоянным воздушным потоком, образующимся при вращении барабана. Сила воздушного потока, стремящегося оттолкнуть магнитную головку от поверхности барабана, уравновешивается пружинами. Давление пружин можно подобрать таким образом, что головка расположится на небольшом расстоянии от поверхности барабана.

1. ГОЛОВКИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Головка показана на рисунке	Тип головки	Ширина рабочего зазора, *мк*	Материал		Высота сердечника, *мм*	Глубина рабочего зазора, *мм*	Обмотка			Частотные потери в сердечнике на частоте 15 *кгц·дб*, не более	Отдача, *мв*****
			сердечника	прокладки рабочего зазора			Число витков	Индуктивность, *мгн*	Сопротивление, *ом*		
4, б	В-02	20	79НМА	БрБ2	5,8	0,6	2×1 500	2 500—3 000	⩾600	1***	6,0
4, б	В-03*	10	79НМА	БрБ2	5,4	0,6	2×260	65—85	8—9	3	1,1—1,4
10, *а*	ГМ-12	8	79НМА	БрБ2	5,5	1,0	2 000	1 800—2 500	500—600	1***	4,0
30	ГМ-27**	5	79НМА	БрБ2	2,2	0,5	2×400	80—75	50—75	2	0,4
15	МЭЗ-50	10	79НМА	Слюда	5,8	0,8	2×240	60—85	65—80	1,5	1,1—1,4
7, *а*	МЭЗ-59	6	79НМА	То же	5,8	0,3	2×250	60—75	9—11	1,5	1,1—1,4

* Заменяет головку типа В-01.

** Данные каждой головки блока. Переходное затухание на частоте 1 000 *гц* не более 33 *дб*.

*** На частоте 8 *кгц*.

**** При воспроизведении записи измерительной ленты ЛИР I-38У.

2. ГОЛОВКИ ЗАПИСИ

Головка показана на рисунке	Тип головки	Ширина зазора, *мк*		Материал		Высота сердечника, *мм*	Глубина рабочего зазора, *мм*	Обмотка			Ток*** для максимального намагничивания ленты, $v = 38$ *см/сек*, *ма* (не более)		Параллельное сопротивление потерь на частоте 80 *кгц*, *ком* (не менее)
		рабочего	дополнительного	сердечника	прокладки рабочего зазора			Число витков	Индуктивность, *мгн*	Сопротивление, *ом*	подмагничивания (f=80 *гц*)	записи (f=400 *гц*)	
4, *б*	З-02*	10	400	79НМА	БрБ2	6,6	0,6	2×150	7—9	2,5—3,5	12****	2,4	7
10, *а*	ГМ-13	8	100	79НМА	БрБ2	6,0	0,6	190	5—8	4—6	10*****	2	4
30	ГМ-26**	5	130	50НХС	Слюда	2,4	0,5	2×170	6,5—9	12—16	10****	2	6
15	МЭЗ-52	6	60	50НХС	"	6,3	0,8	2×240	35—45	65—85	4*****	1,4	40
7, *а*	МЭЗ-63	10	130	50НХС	"	6,3	0,4	2×100	4—5	2—3	7*****	0,8	4,5

* Заменяет головку типа З-01.
** Данные каждой головки блока. Переходное затухание на частоте 1 000 *гц* не более 33 *дб*.
*** Соответствует действующему значению остаточного магнитного потока 1 600 *пвб* на ширину 6,25 *мм*.
**** Для ленты типа 2.
***** Для ленты типа 6.

3. ГОЛОВКИ СТИРАНИЯ

Головка показана на рисунке	Тип головки	Ширина рабочего зазора, *мк*	Материал		Высота сердечника, *мм*	Глубина рабочего зазора, *мм*	Обмотка			Рабочий ток стирания, не более, *ма*	Параллельное сопротивление потерь на на частоте 80 *кгц*, *ком* (не менее)
			сердечника	прокладки рабочего зазора			Число витков	Индуктивность, *мгн*	Сопротивление, *ом*		
4, *а*	С-02	200	79НМА	БрБ2	7	0,8	2×75	1,7—2,3	2	140*	2
4, *а*	С-04	150	79НМА	БрБ2	7	0,8	2×150	7—9	4	50**	4,2
24, *б*	МЭЗ-67	100 100	Феррит 400НН	Слюда	7	0,6	150	4—5	12	40***	30

* Для ленты типа 1 при частоте 60 *кгц*.
** Для ленты типа 2 при частоте 80 *кгц*.
*** Для ленты типа 6 при частоте 80 *кгц*.

4. ГОЛОВКИ МАГНИТОФОНОВ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Тип магнитофона	Головки: У — универсальная, С — стирающая	Ширина зазора, *мк*		Обмотка			
		рабочего	дополнительного	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Индуктивность, *мгн*	Сопротивление, *ом*
„Днепр-11"	У С	8 100	Нет "	2×1 500 2×100	0,1 0,31	1 000 10	180 1,5
„Днепр-12"	У С	5 100	30 Нет	2 600 100	0,05 0,31	650 0,6	— —
„Спалис" и „Гинтарас"	У С	10 100	100 Нет	2×1 500 2×200	0,08 0,20	750 10	220 4,2
„Комета"	У С	8 200	" "	2 200 370	0,05 0,12	900 7	500 10
„Яуза-5"	У С	8 200	" "	2×2 500 300	0,05 0,12	1 250 4,5	1 000 9
„Яуза-10"	У С	5 200	" "	4×2 500 2×400	0,03 0,09	1 000 6,5	— —
„Яуза-20"	У С	5 150	" "	1 250 250	0,06 0,15	80 1,5	— —
„Астра" „Астра-2"	У С	5 200	" "	4 000 420	0,05 0,18	4 000 8	600 3,5
„Мелодия"	У С	8 200	" "	2 550 400	0,05 0,15	900 7	500 10
„Айдас"	У С	5 100	" "	2×1 200 250	0,05 0,16	1 000 6	— —
„Весна"	У С	3,5 50	" "	1 300 160	0,06 0,1	200 1,5	210 5
„Чайка-М"	У С	5 200	" "	1 500 420	0,04 0,18	— —	— —
„Харьков-63"	У С	5 200	" "	2 400 66	0,06 0,2	800 —	350 —
„Нота"	У С	5 200	" "	2 200 330	0,05 0,12	1 000 3,5	470 14

5. МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА*

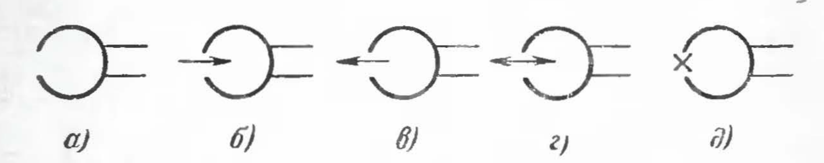
№ п/п.	Тип головки или блока головок	Назначение: В—воспроизведение; З—запись; У—универсальная; С—стирание	Ширина рабочего зазора, *мк*	Высота сердечника, *мм*	Обмотка	
					Индуктивность, *мгн*	Сопротивление, *ом*
1	5231a	З	20	7	7	4
2	5131a	В	6	7	75	8,8
3	5231	З	21	6,9	7	4
4	5131	В	6	6,9	80	6
5	5221	З	21	2,4	7	4
6	5121	В	7	2,4	80	10
7	G401	У**	5	2,2	100	100
8	F402	У	3,5	2,2	1 000	330
9	H301	С	450	2,85	0,14	0,6
10	J302	С	450	6,4	0,25	0,7
11	A1V5	З	12	7	7	1,9
12	W1V7	В	6	7	75	5,6
13	L1V16	С	2×80	7	1,7	2,2
14	A2H9	З**	12	2,1	7	3,5
15	W2H9	В**	6	2,1	75	15
16	L2H18	С**	2×80	2,5	1,7	3
17	X1H13	У	3	2,6	200	60
18	X1H14	У	3	2,6	1 300	400
19	L1H12	С	2×50	3	0,5	1,2
20	X2Q16	У**	3	1	1 000	680
21	X2Q15	У**	3	1	80	46
22	L2Q11	С**	2×50	1,5	0,5	1,2
23	PA120	З	20	6,5	7	—
24	PW131	В	5	6,5	80	—
25	PA121	З	20	6,5	25	—
26	PW132	В	7	6,5	1 600	—
27	PL116	С	2×100	6,5	1,6	—
28	PA221	З**	20	2,2	25	—
29	PW231	В**	7	2,0	1 600	—
30	PL216	С**	2×100	2,6	1,6	—

* Головки №1—10 фирмы Telefunken; 11—22 предприятия RFT; 23—30 фирмы Bogen.
** Данные каждой головки блока.

6. МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Тип головки или блока головок*	Назначение: У—универсальная; С—стирание	Ширина рабочего зазора, *мк*	Высота сердечника, *мм*	Обмотка		Рабочий ток, *ма* (v=9,5 *см/сек*)		Развиваемая** э. д. с., *мв*
				Индуктивность, *мгн*	Сопротивление, *ом*	Записи	Частоты 100 *кгц*	
UK100	У	3	2,4	550	200	0,075	0,55	2
UK101	У	3	2,4	30	10	0,23	1,6	0,5
UK104	У	3	2,4	120	35	0,12	0,7	1,0
UL192	С	2×100	3,2	2	—	—	50	—
UL197	С	2×100	3,2	5	—	—	30	—
UL198	С	2×100	3,2	0,12	—	—	200	—
UK102	У	3	6,5	550	130	0,07	0,85	3
UK103	У	3	6,5	30	6	0,623	263	0,7
UL191	С	2×100	6,5	2	—	—	65	—
UK201	У***	3	2	30	15	0,2	1,65	0,3
UK202	У***	3	2	120	75	0,12	1,0	0,6
UL290	С***	2×100	2,4	2	—	—	45	—
UL293	С***	2×100	2,4	1	—	—	65	—
UK206	У***	3	1	30	20	0,15	1,1	0,25
UK207	У***	3	1	120	170	0,07	0,45	0,5
UL296	С***	2×100	1,3	2	—	—	40	—

* Фирмы Bogen.
** При воспроизведении записи частоты 333 *гц* уровнем намагниченности 250 *нвб/м*.
*** Данные каждой головки блока.



Условные графические обозначения магнитных головок:
а — общее обозначение; *б* — головка воспроизведения; *в* — головка записи; *г* — универсальная головка записи и воспроизведения; *д* — головка стирания.

Ефимов Евгений Григорьевич

Магнитные головки

Редактор *В. Г. Корольков*

Техн. редактор *Т. Н. Царева*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Корректор *Е. В. Кузнецова*

* *

Сдано в набор 20/I 1967 г.

Подписано к печати 26/IV 1967 г.

Т-06901 Формат $84 \times 108^{1}/_{32}$ Бумага типографская № 2

Усл. печ. л. 4,2 Уч.-изд. л. 5,16

Тираж 40 000 экз. Цена 21 коп. Зак. 37

* *

Издательство „Энергия",
Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

Айсберг Е. Телевидение?... Это очень просто!

Айсберг Е. Транзистор?.. Это очень просто!

Боксер О. Я. и Клевцов М. И. Электронные хронорефлексометры.

Борисов Е. Г. и Самодуров Д. В. Аппаратура для озвучивания любительских кинофильмов.

Гумеля Е. Б. Выбор схем транзисторных приемников.

Джонсон Р. Как строить радиоаппаратуру.

Еркин А. М. Лампы с холодным катодом.

Ефимов Е. Г. Магнитные головки.

Жеребцов И. П. Основы электроники

Лабутин В. К. и Молчанов А. П. Слух и анализ сигналов.

Лабутин В. К. Транзисторы.

Лабутин В. К. Полупроводниковые диоды.

Корольков В. Г. и Лишин Л. Г. Электрические схемы магнитофонов.

Кузнецов А. С. Простой осциллограф.

Мазо Я. А. Магнитная лента.

Матвеев Г. А. и Хомич В. И. Катушки индуктивности с сердечниками.

Микиртичан Г. М. Транзисторные приемники с КВ диапазонами.

Прилюк Н. В. Карманный радиоприемник на транзисторах.

Ротхаммель К. Антенны.

Рязанов К. Б. и Толмасский И. С. Радиотехнические изоляционные материалы.

Самойлов В. Ф. и Хромой Б. П. Система цветного телевидения «Secam».

Тихомиров В. С. Кадровая развертка на транзисторах.

Толмасский И. С. Высокочастотные магнитные материалы.